Deloitte.

Relatório do Ecossistema 5G Brasil

Produto 3 – Demanda por soluções digitais baseada em 5G

Novembro – 2021

Conteúdo

Introdução

Objetivos do relatório

O 5G não só permite a integração de serviços fixos e móveis, de tecnologias de acesso via terrestre e satélite, mas também é uma plataforma de inovação, trazendo novos serviços e o conceito de experiência imersiva, combinando tecnologias como *Edge Computing*, *Big Data*, Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas, Internet das Coisas (*IoT*), dentre outras. Tais aplicações apresentam relevante potencial de agregar valor às indústrias, contribuindo para a redução de custos, para ganhos de eficiência e produtividade e para uma melhor experiência. Nesse sentido, o 5G tem sido tratado como estratégia de governo em diversos países, com políticas públicas de fomento, disponibilização de recursos, subsídios e isenções tributárias.

O 5G tem acelerado o movimento de redes desagregadas, em que há a separação de *software* e *hardware* em componentes que podem ser fornecidos por diferentes fornecedores e marca a nova era no setor de telecomunicações. As redes desagregadas levam ao compartilhamento de elementos de *hardware*, diminuição do tempo de ociosidade da rede e aumento da importância do *software*. A tecnologia de quinta geração traz a necessidade de maior quantidade e densidade de equipamentos de infraestrutura de rede, de modo que os custos de implementação tendem a ser maiores que aqueles do 4G. Entretanto, esses custos podem ser barateados através da desagregação de rede[1], em comparação às soluções verticalizadas tradicionais.

Já em relação ao segmento de *software*, o advento do 5G promoverá oportunidades para atender às novas demandas das empresas e sociedade, com potencial aumento de produtividade e eficiência de processos existentes. Dentre as características dessa tecnologia, destacam-se maior taxa de transferência de dados, capacidade de conexão e integração de grande quantidade de dispositivos e baixa latência, que permite tempos de resposta mínimos entre as redes e os dispositivos. Um estudo de 2018 da consultoria Deloitte[2] listou alguns segmentos que podem ser impulsionados com os benefícios do 5G, como cidades inteligentes, indústria de manufatura e operadoras de telecomunicações.

Este relatório busca estimar a demanda estimada de *software* para redes desagregadas abertas de telecomunicações e para soluções baseadas em 5G, demandadas pelos diferentes setores econômicos no Brasil. Esta quantificação é mais uma das análises que auxiliarão na definição e priorização de políticas públicas que fomentem o estabelecimento de uma indústria nacional provedora de *software* e soluções 5G e incentivem o aumento de produtividade dos diferentes setores econômicos através da utilização dessas soluções, trazendo benefícios e crescimento para o país.

---

[1] Redução de custos por redes desagregadas: https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/5G-moving-from-the-lab-to-the-launchpad/report.pdf

[2] Estudo Deloitte sobre 5G: https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/5g-industry-application.html

Estrutura do relatório

O relatório é composto por esta seção de introdução e outras quatro seções que buscam apresentar os resultados da análise da demanda por *software* relacionado a 5G, bem como a lógica utilizada para construção dos cálculos de demanda.

Sumário executivo
Principais resultados obtidos durante a análise de quantificação da demanda por *software* 5G, de modo a apresentar uma visão sumarizada ao leitor.

Metodologia
Apresentação do processo de priorização das verticais da economia e considerações para a construção da análise de demanda por *software* 5G no Brasil.

Demanda por *software* de redes desagregadas de telecomunicações
Apresentação da estrutura de cálculo e resultado da demanda quantificada por *software* de redes desagregadas públicas e privadas.

Demanda por *software* por vertical priorizada da economia
Apresentação dos casos de uso mais relevantes para cada vertical da economia e resultado do cálculo de demanda por *software* 5G componente dessas soluções.

Apêndice
Apresentação da estrutura de cálculo utilizada para cada caso de uso levantado.

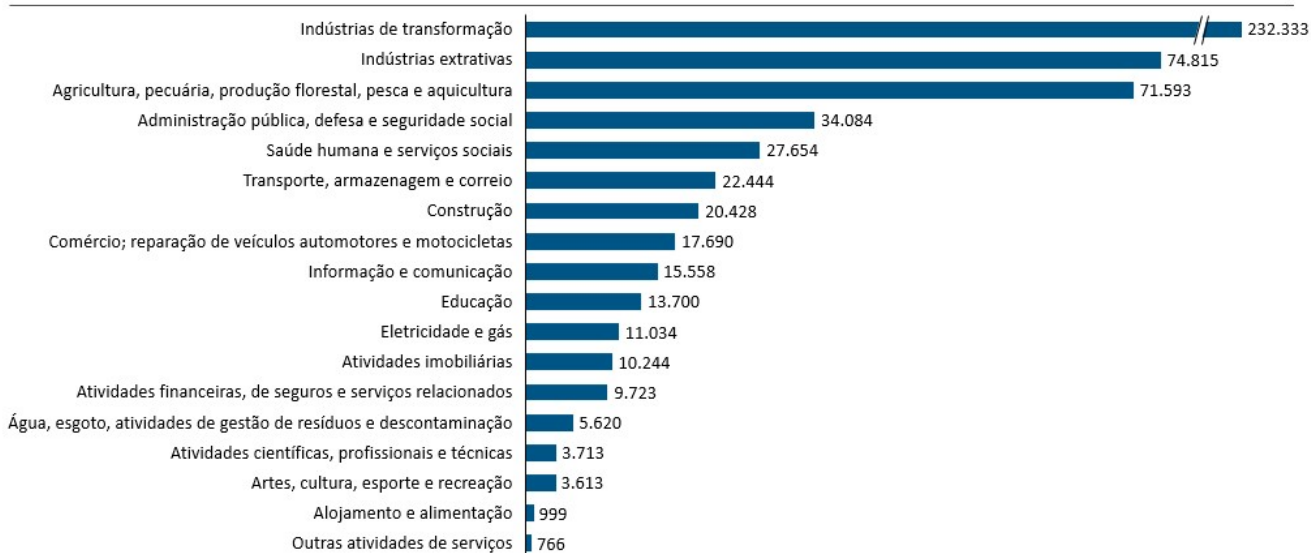
Sumário executivo da demanda por soluções digitais

Resumo da demanda nacional por *software* para soluções digitais 5G

A próxima geração de tecnologia de comunicações móveis 5G trará serviços inovadores para consumidores e empresas, baseada em suas características de conectividade ultrarrápida e mais confiável, capacidade de conexão de grande número de dispositivos e tempos de respostas mínimos. É considerado também um dos mais importantes motores de inovação e crescimento econômico nas próximas décadas, responsável pela criação de milhares de novos empregos.

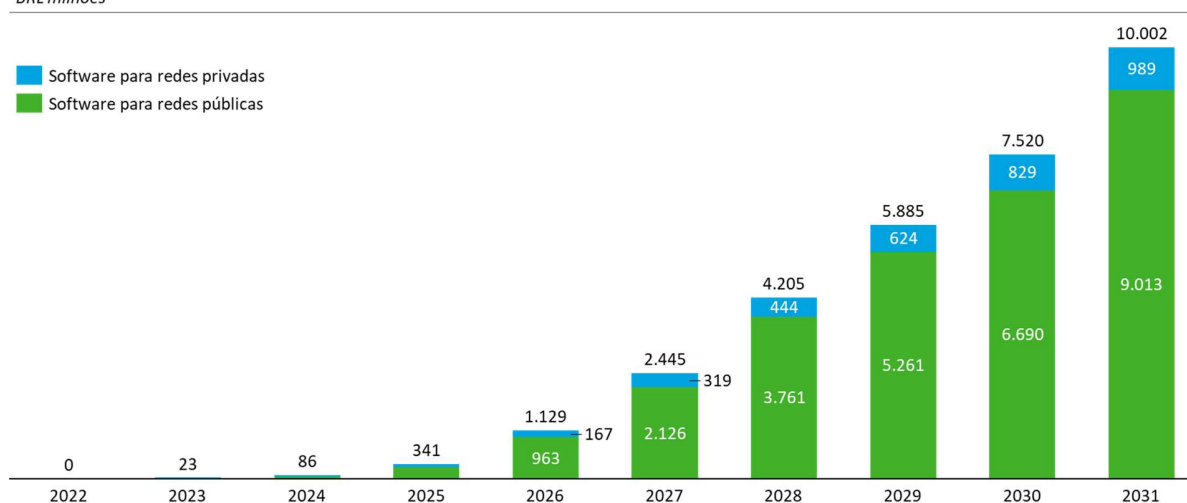
Um estudo interno conduzido pela Deloitte estimou o impacto financeiro que o uso de soluções 5G trará para cada vertical da economia brasileira. Esse benefício é gerado a partir do aumento de produtividade das operações e reduções de custo propiciados pela adoção de soluções 5G por cada vertical. Ao todo, existe um potencial de benefício de aproximadamente R$ 590 bilhões a ser capturado anualmente.

A Figura 1 abaixo traz o detalhamento do benefício para cada vertical, sendo que este valor deve ser interpretado como um potencial incremento anual ao resultado de cada vertical da economia brasileira, em um cenário de adoção total das soluções 5G.

Figura 1: Benefício potencial anual do 5G por vertical na economia

Devido à grande oportunidade que se apresenta, é fundamental ter entendimento dos diferentes componentes das soluções alavancadas pelo 5G. Para isso, um olhar especial ao desenvolvimento de *software* faz-se necessário. Software é um meio para atingir um impacto financeiro na economia esperado tanto no âmbito do aumento de produtividade das verticais como na diversificação de nossa matriz de produtos, pelo aumento da representatividade do setor. Neste estudo, considera-se dois tipos principais, abrangendo *software* de redes 5G,

responsáveis pela gestão e controle da nova configuração desagregada e aberta da infraestrutura de telecomunicações, e *software* de soluções demandados pelas diferentes verticais da economia.

No que tange às redes desagregadas abertas, estima-se que a demanda no mercado brasileiro crescerá com o aumento da instalação de antenas 5G públicas e privadas, atingindo R$ 10,0 bilhões acumulados até 2031, sendo quase que a totalidade é composta pelo *software* de redes públicas (Figura 2). Essa grande diferença de tamanho entre esses dois segmentos é explicada pelo número estimado de antenas públicas ser substancialmente maior que o número de antenas privadas, cerca de 48 vezes.

Figura 2: Demanda acumulada por *software* de redes desagregadas 5G

Já para o *software* de soluções baseadas em 5G, para o propósito desse estudo foi feita uma escolha de verticais da economia para uma análise mais aprofundada. Para essa priorização foram considerados quatro critérios para cada vertical: 1) Benefício financeiro do 5G na economia brasileira; 2) Benefício financeiro do 5G na economia global; 3) Despesas com produtos e serviços de TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação); 4) Relevância da vertical na visão de executivos do mercado brasileiro. Através desses critérios, 8 verticais da economia indicadas abaixo foram priorizadas.

I. Administração pública, defesa e seguridade social;
II. Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura;
III. Educação;
IV. Indústrias de transformação;
V. Indústrias extrativas;
VI. Informação e comunicação;
VII. Saúde humana e serviços sociais;
VIII. Transporte, armazenagem e correio.

Considerando-se um nível de adoção incremental ano a ano para as soluções, é esperado que a demanda por *software* das soluções 5G para essas 8 verticais tenha um valor acumulado de R$ 76,1 bilhões nos próximos 10 anos, atingindo R$ 16,1 bilhões, em 2031 (Figura 3). Destacam-se nesse cenário as verticais de indústria de transformação e agricultura, que juntas representariam cerca de 66% da demanda total dessas 8 verticais. Para cada uma dessas, algumas soluções se destacam: a) Para indústria de transformação, automação e otimização em tempo real do processo produtivo, através de sensores, máquinas conectadas e análise dos dados gerados; b) Para agricultura, o uso de sensores IoT para o monitoramento e rastreio de atividades agropecuárias.

Demanda por *software* de soluções 5G por vertical da economia
BRL milhões

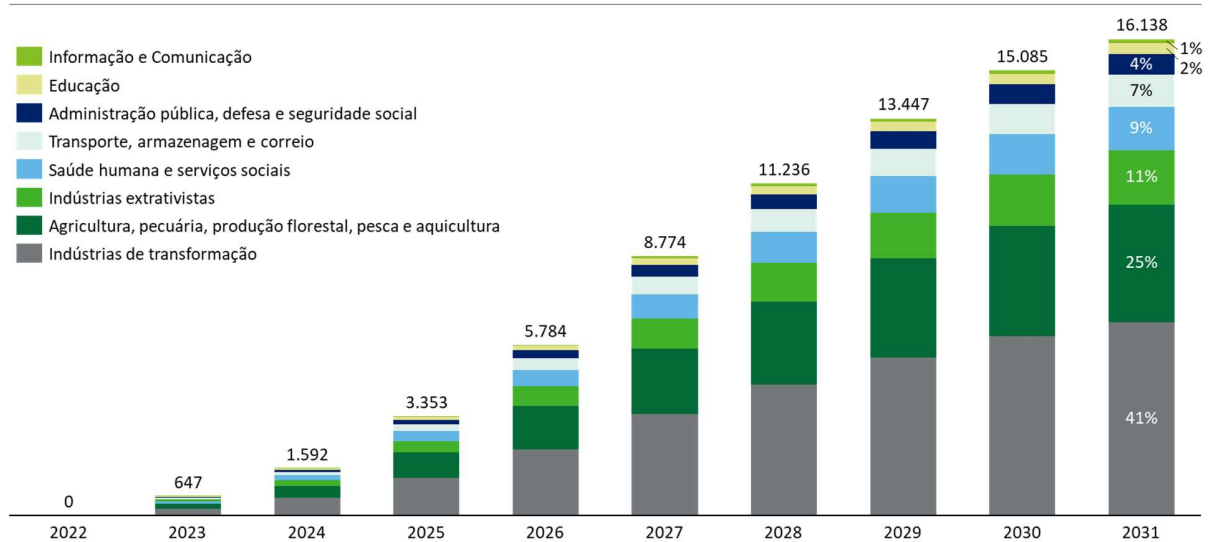



Figura 3: demanda geral por *software* de soluções 5G para as verticais priorizadas

Se considerarmos a representatividade do benefício potencial das verticais não priorizadas, conforme Figura 1, para estimarmos a demanda total por software de soluções 5G, atingiremos um valor total acumulado de R$ 91 bilhões nos próximos 10 anos e de R$ 19,3 bilhões em 2031 (Figura 4). O fato de as verticais priorizadas representarem 84% dos benefícios totais em potencial corrobora a escolha desses setores para fins de uma análise mais detalhada.

Figura 4: demanda geral por *software* de soluções 5G considerando todas as verticais da economia

Demanda por *software* de soluções 5G
BRL milhões

Informação e Comunicação
Educação
Administração pública, defesa e seguridade social
Transporte, armazenagem e correio
Saúde humana e serviços sociais
Indústrias extrativistas
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
Indústrias de transformação
Outros

2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0	774	1.905	4.013	6.923	10.502	13.450	16.096	18.055	19.316

2031: 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 21%, 34%, 16%

Portanto, a análise consolidada da demanda de *software* 5G indica valores acumulados de R$ 101,0 bilhões nos próximos 10 anos, de modo a atingir R$ 21,8 bilhões em 2031. Comparou-se esse valor com dados do relatório Setorial 2020 Macrossetor de TIC da Brasscom – Associação das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação e de Tecnologias Digitais. Segundo essa publicação, o mercado interno de *software* no Brasil foi de R$ 36,02 bilhões em 2020, conforme indica a Figura 5. Com base na estimativa anterior, considerando-se apenas o efeito de software 5G, esperar-se-ia um CAGR – *Compound Annual Growth Rate* – de 5,4% até 2031, a partir de 2022, conforme indica a Figura 6.

Figura 5: Tamanho do mercado do macrossetor de TIC no Brasil

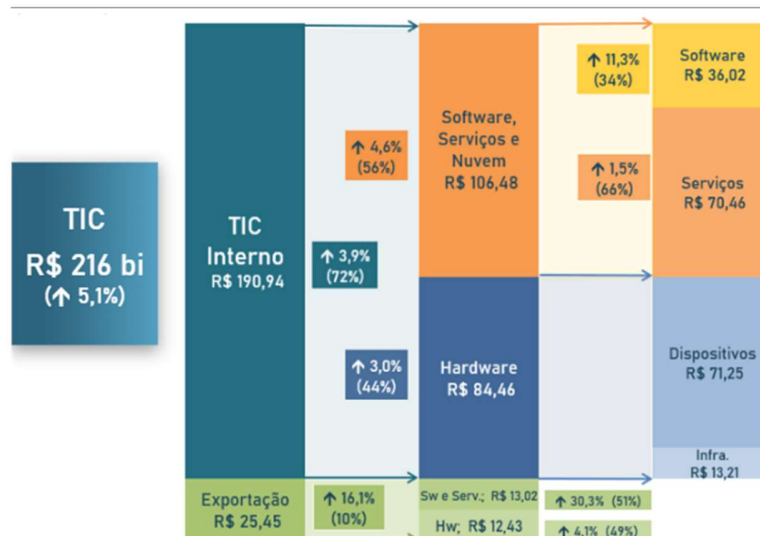
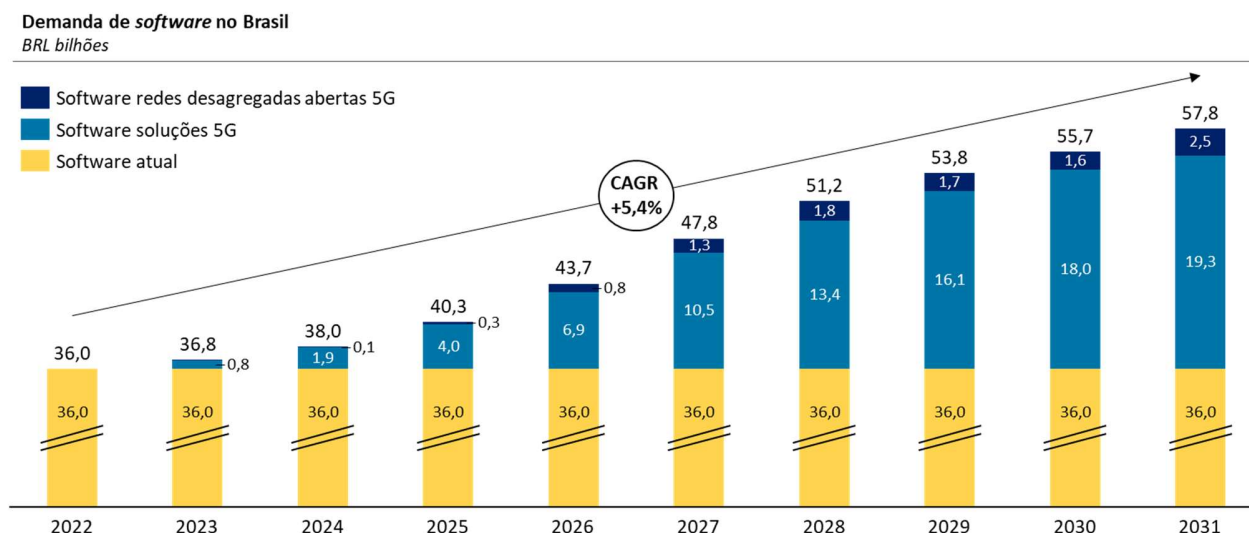



Figura 6: Crescimento na demanda de *software* considerando apenas o efeito de *software* 5G

É importante ressaltar também a relevância que o segmento de serviços relacionados a software terá. Atualmente, esse segmento é quase duas vezes maior que o segmento de *software*, tendo atingido R$ 70,5 bilhões em 2020, conforme indica a Figura 5. Espera-se, portanto, que o acréscimo da demanda de software trazida pelo 5G seja acompanhado também por um aumento considerável dos serviços correlatos.

Considerando-se o desafio de atender a demanda relacionada às oportunidades de redes e aplicações de 5G, julga-se importante focar em alguns segmentos do mercado. Para essa decisão devem ser considerados dois critérios: atratividade (valor do tamanho de mercado a ser atendido) e a possibilidade de obter sucesso naquele segmento.

Para as redes desagregadas, seria necessário balancear o potencial limitado do mercado com o seu papel crucial no estabelecimento rápido e extensivo das redes de 5G, a fim de obter sua atratividade. Sob a perspectiva da possibilidade de se obter sucesso, precisa-se levar em consideração o conhecimento específico necessário, o número limitado de atores nesse segmento e a posicionamento do Brasil na adoção dessa tecnologia em relação ao mundo.

Em relação ao mercado de soluções baseadas no 5G, identificou-se um mercado consideravelmente maior, mesmo considerando apenas 2 indústrias (indústria de transformação e agricultura). Entretanto, a habilidade de conquistar esse mercado pode ser impactada ao se considerar a maturidade do nosso ecossistema 5G e o atraso em relação a outros países no processo de adoção e implementação das tecnologias, além das capacidades gerais de inovação do país.

Para ambos os casos, *software* de redes e soluções, o potencial de exportação para outros mercados pode ser um elemento importante a ser incluído na avaliação de atratividade.

É preciso estar ciente, portanto, dos desafios intrínsecos para o estabelecimento de uma indústria nacional provedora desses tipos de *software*. Com base na avaliação de maturidade do ecossistema brasileiro efetuada anteriormente e, especificamente, nas capacidades de desenvolvimento de *software* no país, é preciso considerar se e como atenderíamos a essa demanda. A avaliação da maturidade dos atores do ecossistema (produto 2 deste projeto) identificou alguns pontos de dor, dentre eles a escassez de profissionais e a falta de investimento em startups de *software*.

Do ponto de vista da força de trabalho, identificou-se uma lacuna considerável na demanda e oferta de profissionais qualificados. Essa escassez de recursos torna-se ainda mais problemática considerando uma saída significativa de talentos para outros países com condições mais atrativas de trabalho. Já pelo lado de investimentos em startups cujo foco é o desenvolvimento de *software*, o Brasil tem quantidades inferiores em comparação a países considerados referência no assunto, como EUA e Índia. Em 2020, segundo o Crunchbase, o Brasil apresentou 11 investimentos em startups do tipo, enquanto EUA e Índia apresentaram 550 e 36, respectivamente.

Tendo em vista a oportunidade apresentada e a capacidade interna de desenvolvimento de *software*, é possível considerar diferentes alternativas para atender a demanda. Além do investimento na criação de expertise e capacidade nacional, poderia ser avaliado a importação de conhecimento, através de aquisições, parcerias ou *joint ventures* com entidades internacionais.

Metodologia e análise

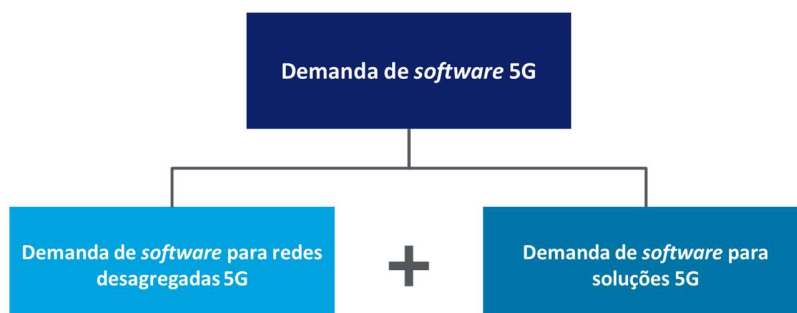
Demanda por *software* para soluções digitais 5G

Com o objetivo de calcular a demanda por *software* relacionados às tecnologias de quinta geração, foram estabelecidas duas frentes de análise complementares, para uma visão mais exaustiva das possibilidades do 5G:

1. ***Software* de redes**: *software* utilizados na infraestrutura de redes desagregadas abertas de telecomunicações 5G, responsáveis pela orquestração e gestão dos elementos de rede e funcionalidades de suporte ao negócio das empresas de telecomunicações;
2. ***Software* de soluções**: *software* componentes de soluções impulsionadas pelo 5G, que serão demandados pelas diferentes verticais da economia para utilização nas operações cotidianas, com foco no desenvolvimento de novos processos ou aumento de produtividade e eficiência em processos já existentes.

Para efeitos deste estudo, na primeira grande frente de análise, em redes de infraestrutura de telecomunicações serão consideradas apenas as redes desagregadas abertas, devido à maior relevância dada a *software* nesse tipo de arquitetura e pela possibilidade que se apresenta da participação de novos competidores nesse mercado. A infraestrutura de rede verticalizada, apesar de muito relevante e de ser a alternativa principal nos primeiros anos de implementação do 5G, apresenta tecnologia proprietária e concentrada em poucos fornecedores de escala global, especialmente Huawei, Ericsson e Nokia. Nas redes verticalizadas, o conhecimento e desenvolvimento de *software* para redes já estão estabelecidos e são internos a esses fornecedores, de modo que há pouco espaço para competição de novas empresas. Nesse cenário, as redes desagregadas abertas apresentam as melhores possibilidades para o desenvolvimento nacional de software de redes 5G. Logo, esse segmento será a primeira grande frente de análise para a demanda geral de *software* 5G no Brasil.

A segunda grande frente de análise será composta pelo *software* de soluções baseadas em 5G. Essas soluções serão as demandas dadas pelos diferentes setores da economia brasileira, baseando-se nas diferentes características do 5G como maior transferência de dados, capacidade de conexão de grande número de sensores e dispositivos e baixo tempo de resposta entre as conexões. Essas características permitem o melhor funcionamento de soluções já existentes e aprimoramento da conectividade, como as cirurgias e diagnósticos remotos em tempo real, cidades inteligentes, veículos autônomos, dentre tantas outras, mas agora baseadas em redes móveis e integradas com o restante da rede. Para as soluções, não se faz diferenciação entre os tipos de redes às quais estarão conectadas, podendo ser redes verticalizadas ou desagregadas. Visando a quantificação dessa demanda, devido às inúmeras possibilidades, faz-se necessário analisar as principais soluções das verticais mais relevantes da economia. Para isso, foi feita uma priorização para definir as principais verticais da economia brasileira à adoção do 5G e, por fim, o desenvolvimento dos casos de uso das principais soluções para cada vertical priorizada.

Figura 7: estrutura geral de cálculo de demanda de *software* 5G

Priorização das verticais da economia brasileira

A fim de compreender as principais verticais da economia impactadas pela adoção do 5G, este estudo utilizou a classificação realizada pelo CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), que possui a divisão de 21 verticais, de modo a representar os setores da economia. Entretanto, das 21 verticais duas foram descontinuadas da análise por não apresentarem potenciais de uso de soluções 5G, sendo elas: Serviços Domésticos e Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais.

Diante disso, o próximo passo de análise foi selecionar critérios que pudessem descrever a representatividade das 19 verticais, possibilitando a comparação entre elas. Foram definidos quatro critérios:

- **Benefício financeiro por vertical no Brasil**: Cálculo sobre o potencial impacto financeiro em cada vertical da economia brasileira frente à adoção do 5G. Este critério ajuda a quantificar e comparar quais partes da economia serão mais afetadas pelas tecnologias quinta geração.
- **Opinião dos atores do mercado sobre a relevância da vertical**: Número de vezes que a vertical foi citada em entrevistas com executivos do mercado e em pesquisas secundárias realizadas durante todo o projeto. Com esse dado é possível capturar de uma maneira qualitativa o quão relevante a vertical é na visão dos atores do mercado.
- **Gastos com TIC/Tamanho de mercado da vertical**: Indicador de nível de adoção tecnológica, reflete os investimentos totais realizados anualmente em Tecnologia, Informação e Comunicação (TIC) de cada uma das verticais dividido pelo respectivo tamanho de mercado.
- **Benefício financeiro por vertical no mundo**: Cálculo sobre o potencial impacto financeiro em cada vertical da economia global frente à adoção do 5G. Este critério ajuda a quantificar e comparar quais partes da economia serão mais afetadas pelas tecnologias quinta geração, ajudando a priorizar segmentos num cenário de exportação de soluções brasileiras a outros países.

Com objetivo priorizar as verticais através de uma nota final composta pelos diferentes critérios, definiu-se pesos para cada um deles, de modo que alguns critérios foram considerados mais relevantes que outros, buscando alinhamento com os objetivos do projeto. A Figura 8 abaixo representa a atribuição dos pesos de cada critério selecionado para esta priorização das verticais:

Figura 8: Critérios utilizados para a priorização das verticais da economia brasileira

Fonte	Critério	Peso
Levantamento das verticais de acordo com o CNAE	**Benefício financeiro por vertical no Brasil** *Valor estimado de benefício para a vertical com base na aplicabilidade do 5G no Brasil*	45%
	Opinião dos atores do mercado sobre a relevância da vertical *Número de vezes em que a vertical foi citada nas entrevistas e nas pesquisas realizadas*	25%
	Gastos com TIC/Tamanho de mercado da vertical *Despesas com TICs em relação ao tamanho de mercado da vertical*	15%
	Benefício financeiro por vertical no mundo *Valor estimado de benefício para a vertical com base na aplicabilidade do 5G no mundo*	15%

O passo seguinte foi atribuir notas para cada vertical em relação a sua performance em cada critério. Cada vertical recebeu uma nota de 1 a 4 para cada um dos quatro critérios, seguindo uma lógica de classificação da vertical dentro desse critério, em que a nota 4 foi considerada a mais alta, representando as verticais do quartil superior, e a nota 1 a mais baixa, contemplando as verticais do quartil inferior:

- **Nota 4**: Vertical apresenta valor para o critério que é **maior que o valor do quartil 75%**
- **Nota 3**: Vertical apresenta valor para o critério que é **maior que o valor do quartil 50% e menor que o valor do quartil 75%**
- Nota 2: Vertical apresenta valor para o critério que é **maior que o valor do quartil 25% e menor que o valor do quartil 50%**
- Nota 1: Vertical apresenta valor para o critério que é **menor que o valor do quartil 25%**

A Tabela 1 abaixo representa a nota atribuída a cada vertical de acordo com o critério analisado e os pesos atribuídos. Por fim, há a composição de um *score* final, a ponderação de cada nota pelo respectivo peso do critério:

Tabela 1: *Score* final de cada vertical da economia brasileira

		Peso	45%	25%	15%	15%	
Seção	**Tipo de vertical**	**Vertical da indústria**	**Benefício por vertical (Brasil)**	**Citações**	**ICT/Tamanho de mercado**	**Benefício por vertical (mundo)**	**Score final**
O	Serviço	Administração pública, defesa e seguridade social	4	4	4	4	4
Q	Serviço	Saúde humana e serviços sociais	4	4	4	3	3.85
C	Indústria	Indústrias de transformação	4	4	2	4	3.7
B	Indústria	Indústrias extrativas	4	3	4	2	3.45
A	Agricultura	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	4	4	1	3	3.4
H	Serviço	Transporte, armazenagem e correio	3	4	3	3	3.25
G	Serviço	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	3	3	3	4	3.15
J	Serviço	Informação e comunicação	3	2	4	4	3.05
P	Serviço	Educação	3	3	3	2	2.85
F	Indústria	Construção	3	2	1	4	2.6
K	Serviço	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	2	2	3	3	2.3
N	Serviço	Atividades administrativas e serviços complementares	2	2	3	3	2.3
D	Indústria	Eletricidade e gás	2	2	2	2	2
L	Serviço	Atividades imobiliárias	2	2	1	2	1.85
M	Serviço	Atividades científicas, profissionais e técnicas	1	2	4	1	1.7
S	Serviço	Outras atividades de serviços	1	3	2	1	1.65
R	Serviço	Artes, cultura, esporte e recreação	1	3	1	1	1.5
E	Indústria	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	1	2	2	1	1.4
I	Serviço	Alojamento e alimentação	1	2	1	1	1.25

Após a ordenação do *score* final, conforme a tabela acima, tem-se a indicação das verticais que deveriam ser priorizadas de acordo com as premissas que foram adotadas e foi proposto que oito verticais fossem priorizadas. Entretanto, outro fator a ser adicionado após a classificação do *score* final é a importância dada a cada vertical pelo Ministério da Economia e pelo Edital do 5G. Portanto, frente às oito primeiras verticais, após a discussão e validação

com o Ministério da Economia foi decidido que a vertical de "Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas" seria descontinuada desta análise e substituída por "Educação" que, embora não tenha obtido a nota mais alta quando comparada, sua relevância para o desenvolvimento do Brasil é muito importante. Com base nisso, as verticais que foram priorizadas para aprofundamento por este estudo são:

Tabela 2: Verticais priorizadas da economia brasileira

Seção	Tipo de vertical	Vertical da indústria	Benefício por vertical (Brasil)	Citações	ICT/Tamanho de mercado	Benefício por vertical (mundo)	Score final
		Peso	45%	25%	15%	15%	
O	Serviço	Administração pública, defesa e seguridade social	4	4	4	4	4
Q	Serviço	Saúde humana e serviços sociais	4	4	4	3	3.85
C	Indústria	Indústrias de transformação	4	4	2	4	3.7
B	Indústria	Indústrias extrativas	4	3	4	2	3.45
A	Agricultura	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	4	4	1	3	3.4
H	Serviço	Transporte, armazenagem e correio	3	4	3	3	3.25
G	Serviço	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	3	3	3	4	3.15
J	Serviço	Informação e comunicação	3	2	4	4	3.05
P	Serviço	Educação	3	3	3	2	2.85
F	Indústria	Construção	3	2	1	4	2.6
K	Serviço	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	2	2	3	3	2.3
N	Serviço	Atividades administrativas e serviços complementares	2	2	3	3	2.3
D	Indústria	Eletricidade e gás	2	2	2	2	2
L	Serviço	Atividades imobiliárias	2	2	1	2	1.85
M	Serviço	Atividades científicas, profissionais e técnicas	1	2	4	1	1.7
S	Serviço	Outras atividades de serviços	1	3	2	1	1.65
R	Serviço	Artes, cultura, esporte e recreação	1	3	1	1	1.5
E	Indústria	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	1	2	2	1	1.4
I	Serviço	Alojamento e alimentação	1	2	1	1	1.25

Taxa de adoção por vertical da indústria brasileira

Após a priorização apresentada acima, visto que este estudo tem o objetivo de quantificar a demanda por soluções 5G dos casos mapeados, entende-se, portanto, que para o cálculo devem ser considerados diferentes níveis de adoção da tecnologia em cada vertical. Esses níveis são classificados em alto, médio e baixo, que foram atribuídos aos casos de uso das verticais, de acordo com o processo a ser detalhado abaixo.

Como parte da composição desta análise de adoção, as estimativas deste estudo foram baseadas inicialmente nos dados divulgados pela OMDIA e a NOKIA, no relatório "Why 5G in Latin America?", com o objetivo de construir um cenário que seja adequado às soluções mapeadas. Nesse relatório, estimou-se que a penetração do 5G na América Latina se aproximaria de 22% até o final de 2024 e atingiria uma penetração máxima de 51% até o final da década de 2020.

A partir destes dados, projetou-se uma curva S com o nível de adoção em 10 anos. O primeiro resultado obtido foi considerado muito otimista, então a curva de adoção foi atrasada em alguns anos e adicionou-se um deflator de 90%, de modo que esse se tornou o nível alto da taxa de adoção para o presente estudo. Já para o nível médio e baixo de adoção, considerou-se 80% e 60% do valor do nível alto, respectivamente. Desta maneira, é possível considerar estes diferentes cenários de adoção às verticais da economia brasileira. Importante salientar que as projeções realizadas não consideram qualquer tipo de limitação de oferta de soluções ou mecanismos legais e regulatórios para atendimento da demanda.

A Figura 9 mostra, para efeitos de comparação, a curva baseada nas estimativas da OMDIA e as 3 curvas (alta, média e baixa) utilizadas para as projeções deste estudo:

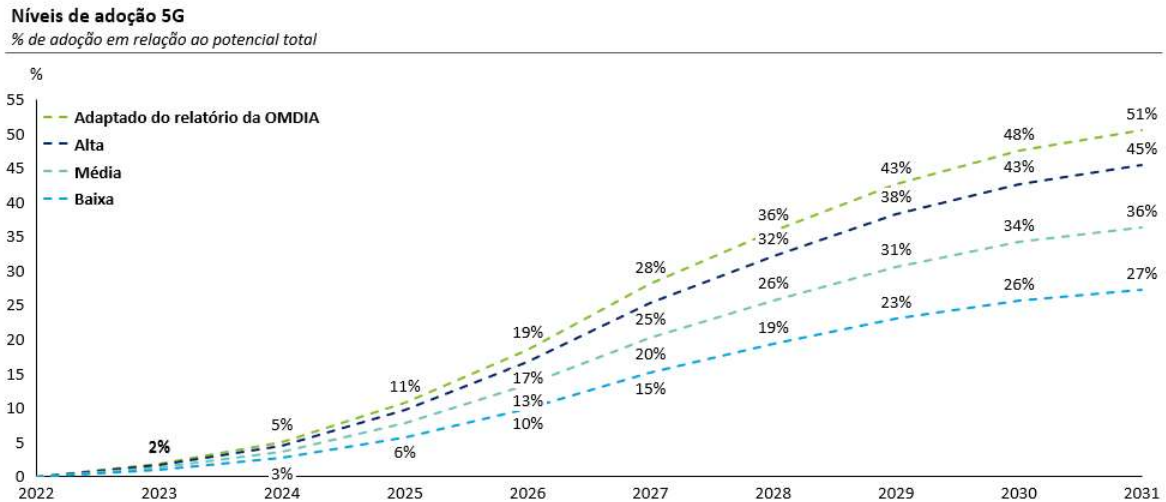
Figura 9: Níveis das taxas de adoção do 5G

Diante disso, foi realizada uma alocação dos níveis de adoção para cada vertical de acordo com os seguintes critérios: (i) Alta adoção – verticais com foco do governo para investimentos e, como embasamento, utilizou-se o estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”, elaborado pela Mckinsey, em parceria com o BNDES e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; (ii) Média e baixa adoção - opinião de especialistas relacionada à taxa de adoção da tecnologia e inovação da vertical, capturada ao longo das entrevistas realizadas nas fases anteriores do projeto.

Tabela 3: Nível de adoção por vertical priorizada

Verticais priorizadas	Alta	Média	Baixa
Administração Pública	x		
Saúde	x		
Indústrias de Tranformação	x		
Indústrias Extrativas			x
Agricultura	x		
Informação e Comunicação		x	
Transportes e Logística		x	
Educação			x

Por fim, a estrutura de cálculo utilizada para cada caso de uso está detalhada no apêndice deste relatório, contudo é importante destacar que a taxa de adoção do 5G foi integrada à demanda da solução de acordo com o racional construído.

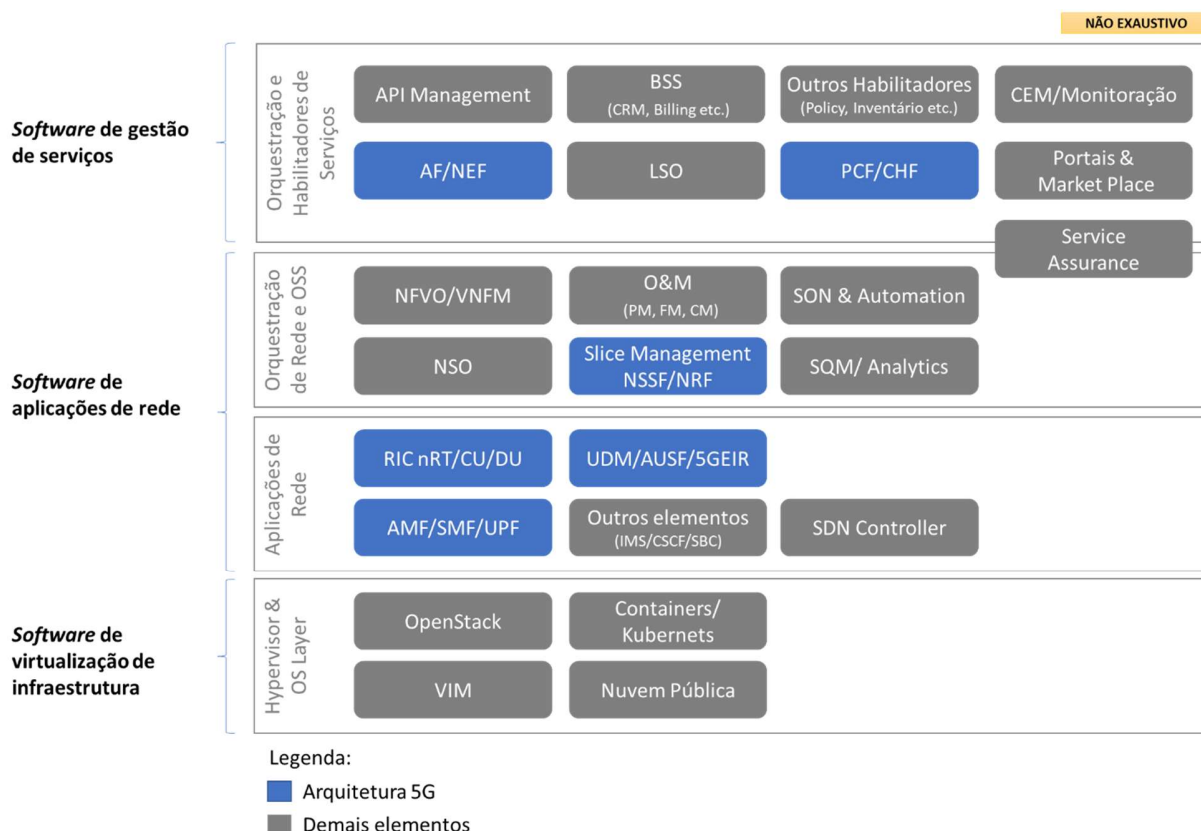
Software de redes desagregadas 5G

Demanda por *software* de redes desagregadas 5G

Na construção da análise para *software* de redes desagregadas são considerados dois tipos diferentes de redes: pública e privada. A rede pública é aquela usada pelas operadoras de telecomunicações para oferecerem seus serviços para qualquer usuário, seja indivíduo ou organização, via pagamento de uma assinatura ou recarga prévia. Já a rede privada é, em geral, operada e gerenciada por uma organização específica, de maneira que o acesso é limitado a usuários e sistemas internos dessa organização. Pela sua essência, as redes privadas tendem a apresentar níveis de segurança e confidencialidade de dados maiores que redes públicas.

Para o correto funcionamento das redes, além dos equipamentos como rádios-base, controladores e roteadores, é fundamental a presença de *software* que coordenem toda a interação entre esses equipamentos e com os usuários das redes. Com o avanço das configurações de redes desagregadas abertas, como o *OpenRAN*, em que há a possibilidade de compartilhamento e virtualização dos elementos de rede, a participação e importância do *software* será cada vez maior.

Os principais tipos de *software* que fazem parte da rede desagregada aberta de telecomunicações são:

Figura 10: tipos e exemplos de *software* de rede[3]

[3] Análise Deloitte

- ***Software* de gestão de serviços:** Responsáveis por atividades que conectam a infraestrutura de rede e os usuários, gerando valor ao negócio das operadoras. Entre esses tipos de *software* estão os que compõem sistemas de gerenciamento de receita das operadoras, sistemas de emissão de faturas para clientes, monitoramento de uso de pacote de dados, velocidade de dados a ser destinada a cada cliente. A desagregação das redes potencializa o oferecimento de plataformas digitais, APIs abertas, além da possibilidade de surgimento de novos tipos de serviços adicionais aos existentes na configuração tradicional.
- ***Software* de aplicações de rede:** Responsáveis pela orquestração dos elementos de rede e que garantem o suporte necessário para a disponibilização contínua dos serviços de telecomunicações. Além do controle e coordenação dos equipamentos, entre as tarefas executadas por esse tipo de *software* estão monitoramento, otimização e manutenção da infraestrutura de rede.
- ***Software* de virtualização de infraestrutura:** Associados aos ambientes para virtualização de funções de rede em *cloud* e *edge computing*. A virtualização pode provisionar recursos de computação, memória, armazenamento e rede em várias máquinas virtuais, possibilitando que as arquiteturas das redes de telecomunicações sejam suportadas nesse ambiente.

A oferta de software de virtualização de infraestrutura como modelo sustentável de negócio necessita de escala global para equilibrar os elevados investimentos necessários para montar uma infraestrutura de nuvem robusta para prover esse tipo de produto, mas principalmente, também, para tirar vantagem da construção e da consolidação do ecossistema de aplicações que são suportadas nestes ambientes. Vale a pena ressaltar que a vantagem e a justificativa de evolução dos elementos físicos de rede e aplicações para a nuvem se deve pela sinergia de reutilização de recursos computacionais dos ambientes virtualizados, mas que também são dependentes destes mesmos ambientes. Estes ambientes abrigam não só funções de rede virtualizadas, como os mais diversos *workloads* de todos os setores da economia. A componente do 5G é apenas uma parcela deste conjunto de *workloads* que são hospedados nas nuvens públicas e privadas.

Por outro lado, a criação e o desenvolvimento de uma empresa ou indústria brasileira fornecedora desse tipo de produtos pode ser importante num contexto estratégico, como alguns países vem estudando, caso da União Europeia, principalmente para que possa trazer alternativas para endereçar questões de segurança e soberania aos já consolidados fornecedores globais, como os exemplos de Linux, Red Hat, vmWare, AWS, Google, Azure. Porém, realizar um levantamento para analisar este potencial estratégico é uma tarefa complexa, cuja dimensão é muito maior que este presente estudo devido à sua amplitude e impactos em outros setores da economia não vinculados apenas às telecomunicações. Por ser de natureza ampla e outras motivações supramencionadas, é que o levantamento de oportunidades do software de virtualização não está sendo considerado neste estudo, mas poderia fazer parte de um estudo mais amplo sobre uma estratégia nacional de *Cloud* ou *Data Strategy*.

Com base nos objetivos e proposta de valor de redes públicas e privadas e nas considerações feitas até aqui, pode-se considerar que os diferentes tipos de *software* apresentados acima terão impactos e participações diferentes de acordo com o tipo de rede. Será considerado, portanto, que redes privadas serão compostas apenas por *software* de aplicações de rede, enquanto as redes públicas terão a participação de *software* de aplicações de rede e de *software* de gestão de serviços.

Figura 11: estrutura de cálculo de demanda de *software* de redes desagregadas 5G

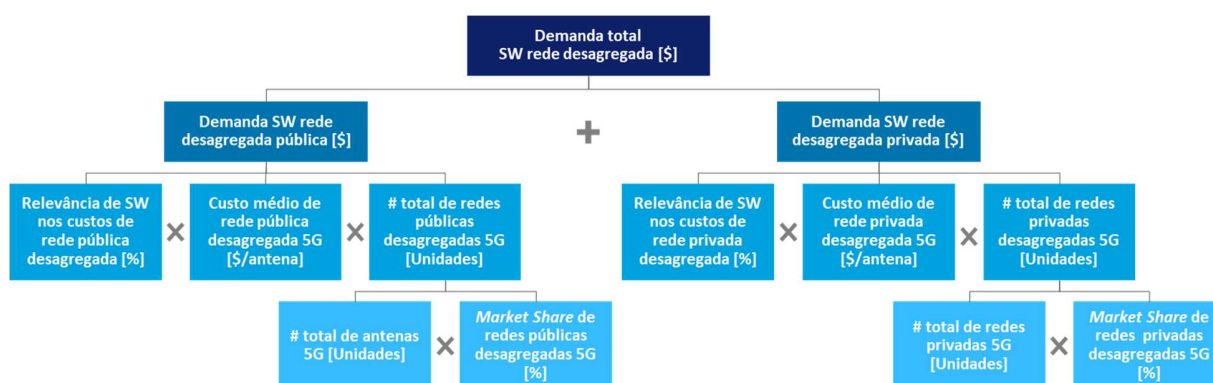
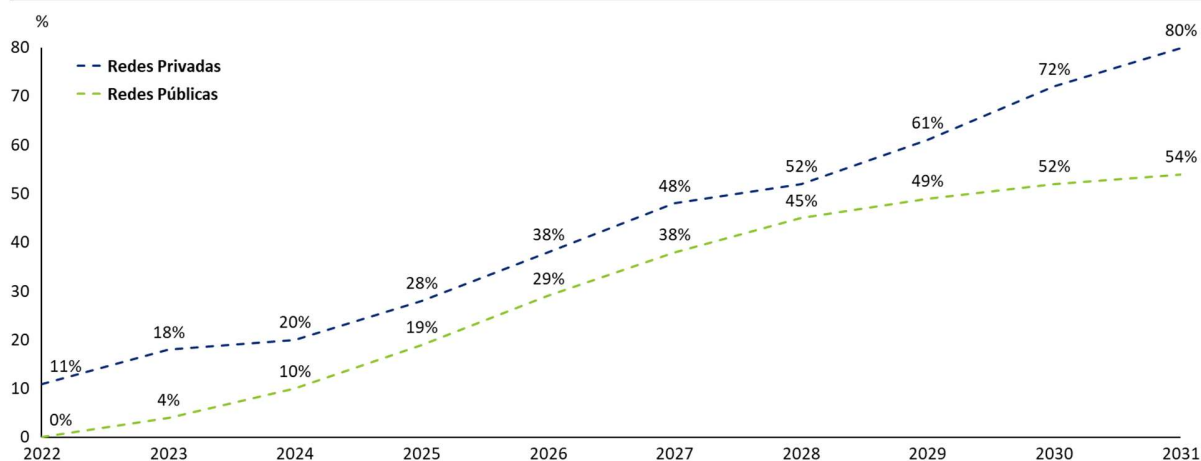
O cálculo da demanda de *software* de rede 5G baseia-se em estimar o total de antenas públicas e privadas 5G em configuração desagregada que seriam instaladas no Brasil e utilizar um fator relacionado ao custo de *software* para cada antena.

Para a quantificação da demanda por *software* para redes desagregadas, faz-se necessário entender qual será a participação de arquiteturas desagregadas no total de redes 5G que serão instaladas. As soluções de rede desagregadas abertas ainda não estão no mesmo nível de prontidão que as soluções tradicionais verticalizadas, as quais devem ser usadas em maior escala nos primeiros anos de adoção do 5G no Brasil. Com as vantagens oferecidas pela configuração desagregada, especialmente a redução de custos de implementação, estima-se que o seu nível de adoção crescerá rapidamente na próxima década, tornando-a mais relevante que as redes tradicionais, conforme mostra a Figura 12 abaixo.

Figura 12: Participação de redes OpenRAN em países de renda média[4]

Nível de adoção de redes OpenRAN para países de renda média
% do total de redes instaladas

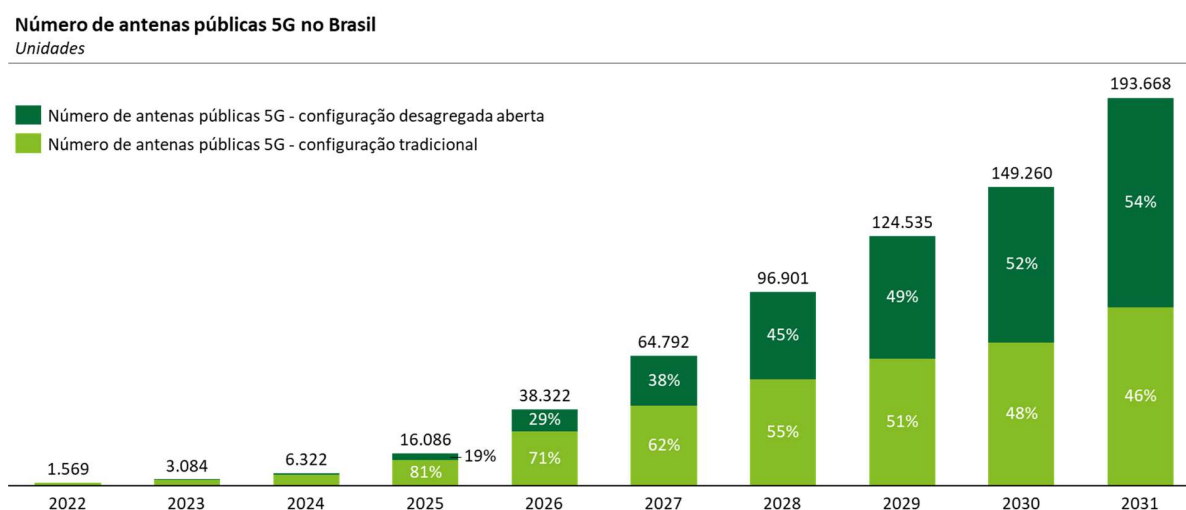
%	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Redes Privadas	11%	18%	20%	28%	38%	48%	52%	61%	72%	80%
Redes Públicas	0%	4%	10%	19%	29%	38%	45%	49%	52%	54%

Demanda por *software* de redes públicas desagregadas 5G

A demanda por *software* de redes públicas desagregadas 5G baseia-se no número estimado de antenas 5G (macro células) que serão instaladas no Brasil ao longo dos próximos anos. Com a execução do leilão 5G efetuado em novembro de 2021, espera-se uma evolução modesta nos primeiros anos, de modo a cumprir as primeiras

[4] Projeção para redes privadas: ABI Research; Projeção para redes públicas: Analysys Mason

obrigações previstas no edital de licitação, o qual indica a cobertura de capitais dos estados até julho de 2022. Com o passar dos anos, o número de antenas deve crescer de maneira mais acelerada pois, além das obrigações seguintes impostas pelo leilão de cobertura gradual de cidades de acordo com sua população (cidades mais populosas terão prioridade), espera-se um aumento no volume de dados trafegados, de modo que mais antenas serão necessárias para cobrir a demanda. Usa-se também um deflator, para que o cálculo seja mais aderente à realidade do Brasil. Considerando um cenário de evolução da cobertura de redes 5G que tenha a mesma efetividade de implementação de antenas 4G no país (isto é, fator de quantidade de antenas instaladas sobre total de antenas necessárias para cobertura ideal), estima-se que o número total de antenas 5G (verticalizadas e desagregadas) evoluirá conforme indicado na

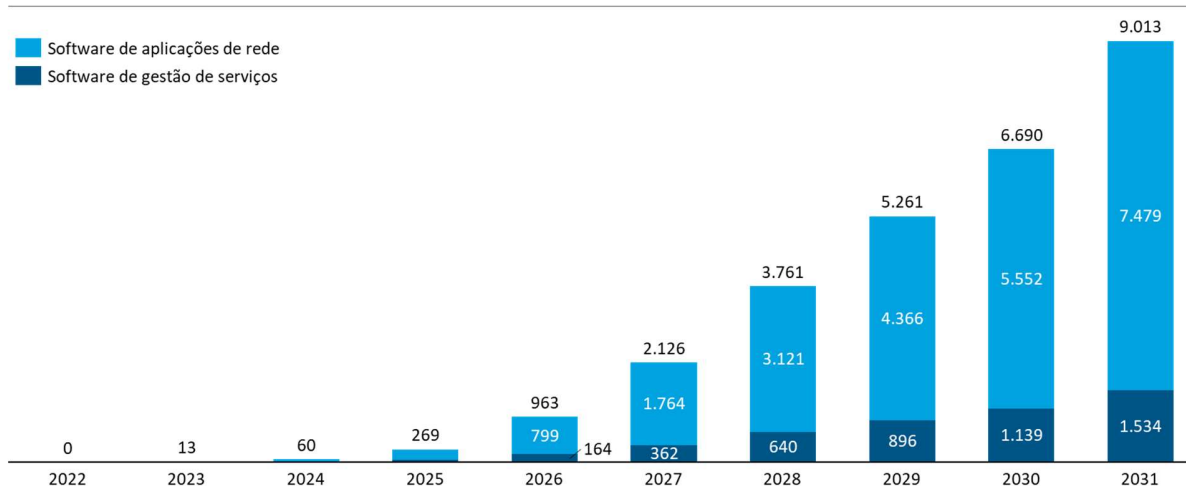
Figura 13, atingindo mais de 190 mil antenas em 2031.

Figura 13: evolução do número de antenas públicas 5G implementadas no Brasil[5]

A partir dos números projetados de redes públicas desagregadas 5G pode-se então calcular o valor estimado de *software* de rede, tanto de **aplicações de rede** quanto de **gestão de serviços**. Como esperado, o valor total de *software* de rede acompanha o crescimento de antenas públicas desagregadas instaladas, partindo de nenhuma demanda no primeiro ano e chegando a R$ 9,0 bilhões acumulados até 2031. Considerando esse

[5] Análise Deloitte

montante, *software* de aplicações de rede seriam responsáveis por R$ 7,5 bilhões (83% do total) e *software* de gestão de serviços seriam responsáveis por R$ 1,5 bilhão (17% do total), conforme demonstra a

Figura 14 a seguir.

Figura 14: Demanda por *software* de redes públicas desagregadas 5G[6]

Demanda por *software* de redes privadas desagregadas 5G

Para o caso de redes privadas, a demanda será estimulada de acordo com o nível de adoção de soluções impulsionadas pelo 5G. O número total dá-se pela soma das redes instaladas em cada uma das verticais da economia brasileira. Portanto, para estimar o número de redes privadas são utilizados os resultados de outra frente de cálculo: para cada caso de uso levantado nas verticais priorizadas da economia, definiu-se se a rede 5G a ser utilizada seria pública ou privada. Para verticais que têm algum tipo de caso de uso que requer uma rede privada, como Agricultura, Indústria de Transformação, Indústria Extrativista, Saúde, Transporte e Educação , foram estimadas quantas antenas privadas considerando que apenas macro células fossem utilizadas) seriam usadas para suprir a necessidade da vertical. Não há uma correlação direta entre a quantidade de casos de uso por vertical com a quantidade de redes, pois uma mesma rede privada pode ser base para diversos casos de uso simultaneamente. Existe sim uma relação entre o nível de adoção da vertical pela tecnologia 5G e como isso se traduz para quantidade de antenas privadas. O resultado dessa estimativa é apresentado abaixo na Figura 15.

[6] Análise Deloitte

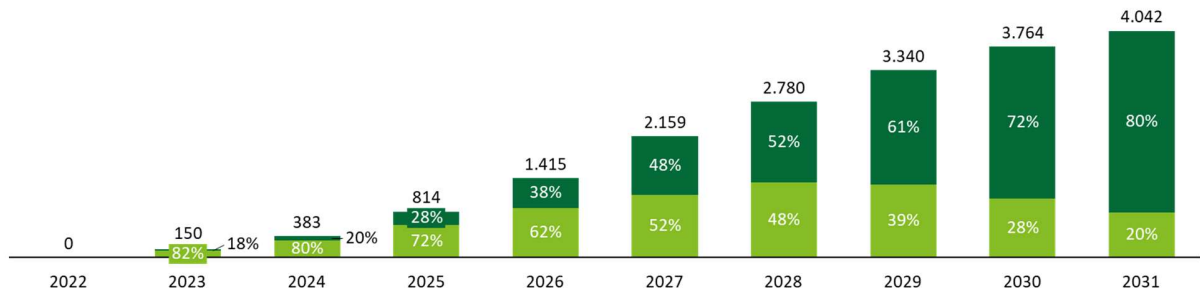
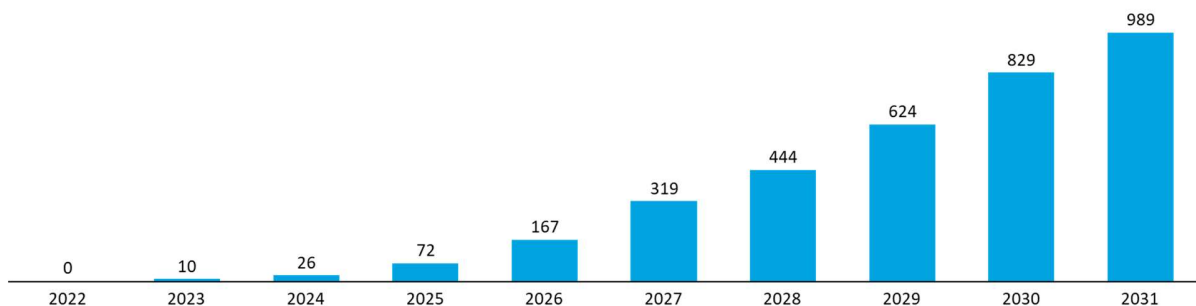
Figura 15: evolução do número equivalente a antenas privadas 5G implementadas no Brasil[7]

A partir dos números projetados de redes privadas desagregadas 5G é possível calcular o valor estimado de *software* de aplicações de rede. O valor total de *software* de rede acompanha o crescimento do número de antenas privadas desagregadas instaladas, partindo de uma demanda inexistente no primeiro ano e chegando a R$ 989 milhões acumulados até 2031, conforme mostra a Figura 16: Demanda acumulada por *software* de redes privadas desagregadas 5G Figura 16 abaixo.

Figura 16: Demanda acumulada por *software* de redes privadas desagregadas 5G[8]

[7] Análise Deloitte
[8] Análise Deloitte

Em resumo, estimamos a demanda acumulada por *software* de rede nos próximos 10 anos a um total de R$ 10,0 bilhões, sendo 90% de *software* de redes públicas desagregadas e 10% de *software* de redes privadas desagregadas. Essa grande diferença de tamanho entre esses dois segmentos é explicada pelo número estimado de antenas públicas ser substancialmente maior que o número de antenas privadas, cerca de 48 vezes.

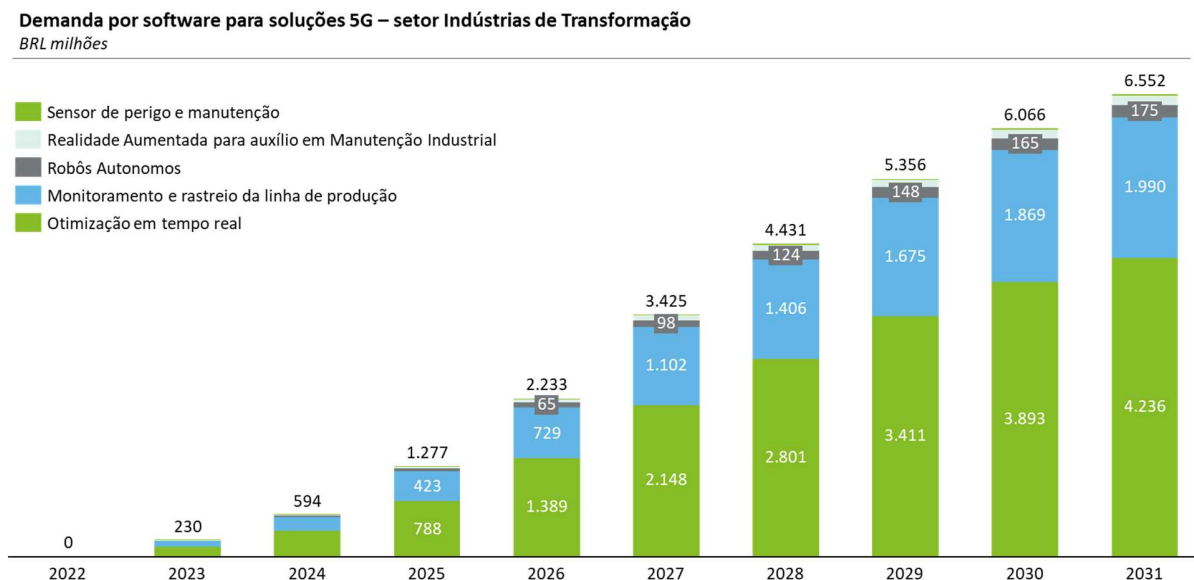
Demanda por *software* nas verticais priorizadas

Esta seção apresenta o desdobramento da análise dos principais tipos de casos de uso para cada vertical priorizada, usando-os como base para se estimar a demanda da vertical. Devido a não exaustividade dos casos de uso, pode haver valores incrementais de demanda advindas de casos de usos menos relevantes. No entanto, esses valores seriam ordens de grandeza menores que os apresentados, não alterando a ordem de grandeza do resultado final. Além disso, por conta das particularidades de cada vertical, algumas apresentam mais oportunidades de casos de uso do que outras.

A estrutura para apresentação dos resultados é a seguinte: (i) introdução da vertical; (ii) gráfico consolidado da demanda por software para soluções 5G; e (iii) detalhamento dos casos de uso. Ao todo são apresentados 27 casos de uso, em que para cada solução, há uma estrutura de cálculo e as premissas adotadas, que constam no apêndice deste relatório.

Indústria de transformação

A vertical de indústria de transformação possui cinco casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 30,2 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de "Otimização em tempo real" é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 19,2 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 17: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor indústria de transformação

Otimização em tempo real

Utilização de dados gerados na planta, aliados a algoritmos de otimização para ajustar constantemente a produção, de modo a obter uma configuração ótima em fábricas conectadas ao 5G. Essa aplicação permite a

melhoria da produtividade em tempo real, além de reduzir investimentos em matéria-prima e outros suprimentos. Para isso, o 5G favorece essa solução ao promover alta velocidade da banda larga, alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta densidade de dispositivos conectados à rede, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Monitoramento e rastreio pela digitalização do *supply chain*

Instalação de sistemas de sensores para todos os processos, desde a entrega de matérias-primas, passando pela manufatura e estoque, até a entrega do produto ao cliente. Dessa forma, seriam capturadas informações importantes que permitiriam um controle mais confiável de toda a cadeia e a criação de um processo ponta-a-ponta de base de dados para uso no planejamento. Essa aplicação melhora o controle sobre a cadeia de suprimentos, aumenta a precisão das previsões, reduz os esforços de mão de obra para produção de relatórios, reduz a necessidade de formação de estoques e diminui a perda de produtos e matéria-prima por prazo de validade, dentre outros motivos. Para tanto, o 5G impulsiona essa solução ao oferecer alta densidade de dispositivos conectados e alta eficiência energética.

Realidade aumentada para manutenção na indústria

Uso de ferramentas de realidade aumentada e realidade virtual para auxílio visual à manutenção de sistemas e visualização contínua de indicadores. Essa aplicação reduz a dependência do trabalho presencial de especialistas técnicos, melhora a precisão e diminui os erros de manutenção e, por fim, aprimora a visualização de dados. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta taxa de dados em pico e alto desempenho de confiabilidade.

Robôs e veículos autônomos para redução de acidentes e ganho de produtividade

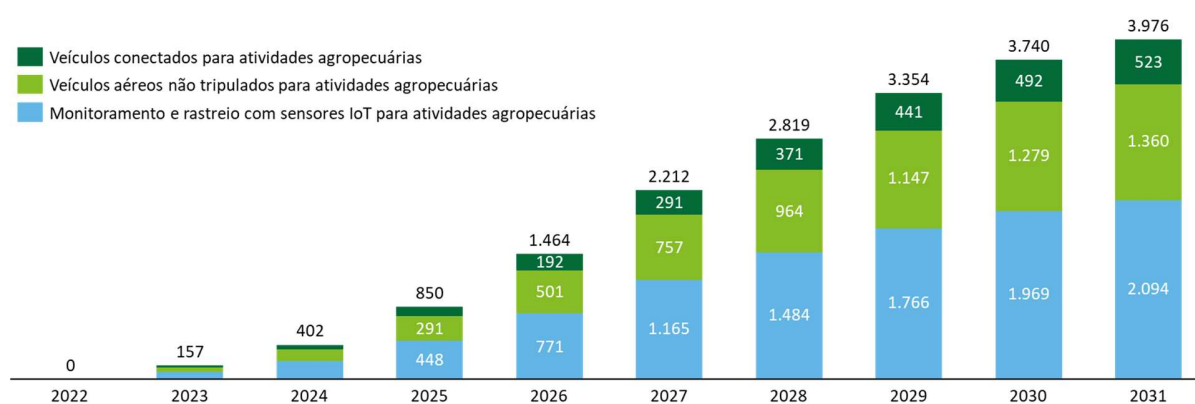
Aplicação de veículos e robôs guiados autonomamente para transporte dentro da fábrica, processos de manufatura e algumas atividades de manutenção. Essa aplicação possibilita a redução de custo com funcionários no transporte e em algumas atividades de manufatura e manutenção, além de reduzir acidentes no ambiente fabril com veículos, melhorar a produtividade e reduzir os erros de produção e manutenção. Para isso, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta velocidade de banda larga, alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta densidade de dispositivos conectados à rede, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Sensores de perigo e manutenção

Sensoriamento e controle de sistemas críticos para casos de manutenção, como o monitoramento e planejamento de intervenção. Essa aplicação permite a redução de custos relacionados à inspeção, a diminuição do tempo de parada por falhas, devido à manutenção preditiva, e permite a precisão de custos de manutenção para os sistemas monitorados. Para tanto, o 5G alavanca esse tipo de solução ao oferecer alta densidade de dispositivos conectados à rede e eficiência energética.

Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura

A vertical de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura possui três casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 19,0 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de "Monitoramento e rastreio com sensores IoT para atividades agropecuárias" é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 10,0 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 18: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor agricultura, pecuária, produção florestal e aquicultura

Veículos aéreos não tripulados para atividades agropecuárias

Uso de drones para coletar as informações sobre rebanhos ou plantações, de modo a obter os dados em tempo real, como peso do gado e doenças das plantas, além de possibilitar a cobertura de grandes áreas. Esta aplicação permite mapear e monitorar a produção com mais frequência e, consequentemente, aumenta o volume de dados coletados. Adicionalmente, agiliza a tomada de decisões em processos corretivos, como identificar os focos de incêndio e aumentar a vigilância da área. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer uma alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta eficiência energética, baixa latência e alta confiabilidade.

Sensores para coleta de dados e monitoramento de atividades agropecuárias

Uso de sensores e dispositivos para coleta de dados e informações em campo, como níveis de nutrientes e água no solo, de modo a permitir uma ação focada, além de fornecer dados para análises mais detalhadas, propiciando a criação de novas soluções no campo técnico. Essa aplicação possibilita o aumento de dados coletados na produção, a otimização dos gastos com água e fertilizantes às lavouras e a identificação de doenças e pragas. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer uma alta eficiência energética, alta densidade de dispositivos conectados e alta confiabilidade.

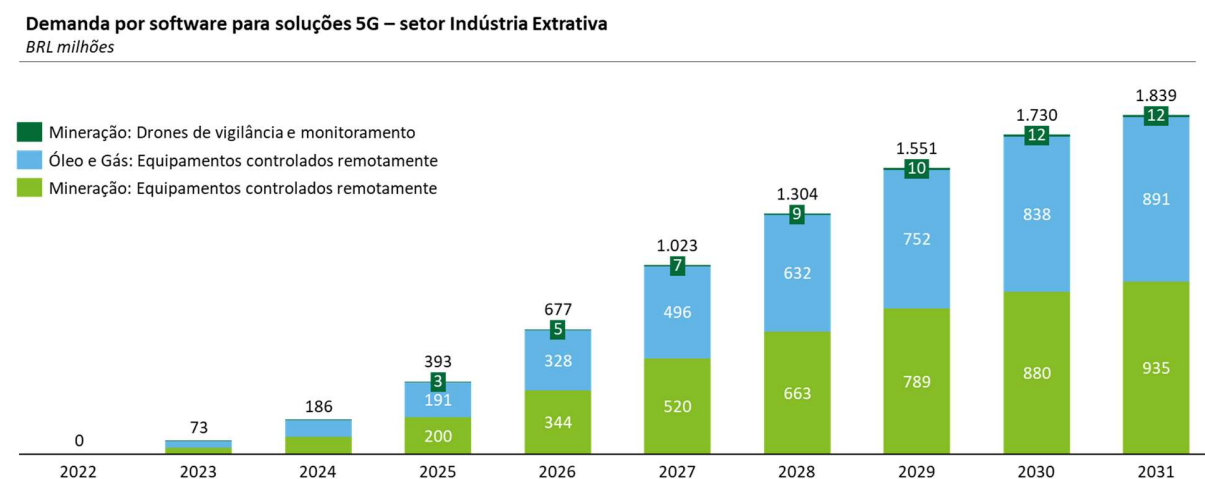
Veículos conectados para atividades agropecuárias

Uso de sensores IoT para automatizar e otimizar as atividades intensivas em mão de obra e a comunicação máquina-a-máquina, visando melhorar o desempenho de tratores e ferramentas agrícolas. Essa aplicação permite a

redução de mão de obra, aumento dos padrões de segurança aos trabalhadores e da eficiência na operação com múltiplos tratores, além da conectividade e tecnologias de localização. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer uma alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Indústria extrativa

A vertical de indústria extrativa possui três casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 8,8 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de “Equipamentos controlados remotamente para mineração” é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 4,5 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 19: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor indústria extrativa

Drones de vigilância e monitoramento de atividades de mineração

Uso de veículos aéreos não tripulados para vigiar minas, permitindo maior controle da área de trabalho. Com o uso de inteligência artificial, drones podem detectar automaticamente anomalias e riscos, além de reconhecer pessoas, animais e objetos e interpretar imagens. Com maior monitoramento da área de trabalho, drones também contribuem para a redução de acidentes e de desafios relacionados à infraestrutura insuficiente de locais de mineração. O 5G impulsiona a aplicação de drones ao adicionar a capacidade de alta transmissão de dados em pico, maior eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Equipamentos de extração de petróleo controlados remotamente

Máquinas que controlam a extração de petróleo à distância, as quais possibilitam maior eficiência da extração em regiões de difícil acesso e aumentam a segurança dos trabalhadores, afastando-os de áreas perigosas. O 5G tem um potencial de impulsionar significativamente essa solução, agregando alta velocidade da banda larga, com capacidade de transmitir grandes volumes de dados em pico, além de alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

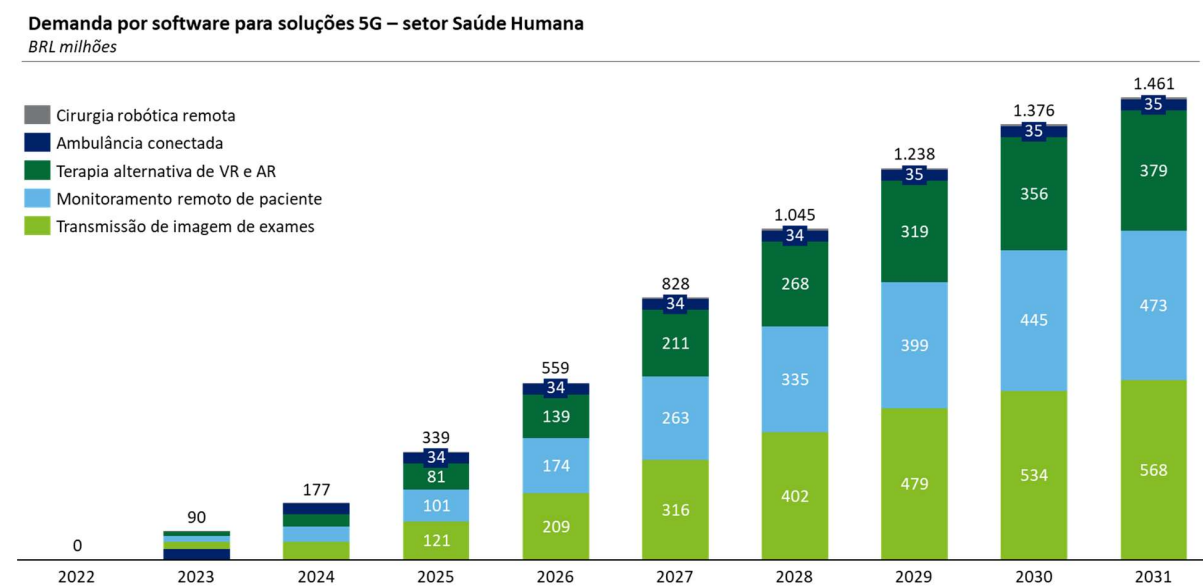
Veículos e equipamentos de mineração controlados remotamente

Escavadeiras, perfuratrizes e caminhões não tripulados, controlados a distância. Essa aplicação reduz a periculosidade e risco de acidentes do trabalho de mineração, diminui o consumo de combustíveis e emissão de gases poluentes e melhora o tráfego de maquinário em áreas de trabalho, ao mesmo tempo em que contribui para

o aumento da produtividade e redução da volatilidade das operações. O 5G tem um potencial de impulsionar significativamente essa solução, agregando alta velocidade da banda larga, com capacidade de transmitir grandes volumes de dados em pico, além de alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Saúde humana e serviços sociais

A vertical de saúde humana e serviços sociais possui cinco casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 7,1 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de “Transmissão de imagem de exames” é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 2,7 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 20: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor saúde humana

Ambulância conectada

Uso de sensores que conectam a ambulância e possibilitam que os médicos avaliem remotamente um paciente, de modo a viabilizar a visualização de registros hospitalares, sinais vitais e exames de imagem. Essa aplicação permite reduzir o tempo de atuação em caso de emergência, minimizando erros, o que implica maior sobrevida, além de oferecer atendimento personalizado em emergência, uma vez que a tecnologia permite ao clínico avaliar e diagnosticar remotamente um paciente. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer uma alta capacidade de transmissão de dados em pico, baixa latência e alta confiabilidade.

Cirurgia robótica remota

Uso de robôs para realizar cirurgias remotas baseada em redes móveis, sendo o foco em dois tipos de aplicações: chamada telepresença, em que um cirurgião pode simplesmente seguir uma operação em uma conexão de vídeo e oferecer suporte especializado; e telecirurgia, em que o profissional opera remotamente através de um dispositivo de controle cirúrgico. Essa aplicação permite aumentar o acesso a especialistas de saúde remotos - por exemplo, cooperação entre médicos em grandes hospitais e colegas em instituições menores -, barateia os custos relacionados ao transporte e à distância do médico e aumenta o acesso às pessoas que moram em áreas rurais, em fronteiras distantes ou em condições econômicas precárias. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao

oferecer alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos e baixa latência fim-a-fim.

Monitoramento remoto de paciente

Uso de dispositivos *IoT* e *wearables* para que os provedores de saúde possam monitorar os pacientes e coletar os dados que serão usados para melhorar o atendimento, auxiliando na personalização de cuidados, prevenção de doença, além de poder sinalizar casos de urgência para rápida intervenção médica. Apesar dos benefícios, o uso da tecnologia de monitoramento remoto é limitado atualmente, devido à capacidade da rede de lidar com os dados. Velocidades de rede lentas e conexões nem sempre confiáveis podem fazer com que os médicos não consigam obter os dados em tempo real para tomada de decisões. Com a tecnologia 5G, os profissionais terão a confiabilidade de que receberão os dados em tempo real e fornecerão os cuidados que seus pacientes precisam. Essa aplicação permite melhorar o atendimento personalizado e preventivo, aumentar o número de pessoas com acesso aos serviços de saúde, principalmente as pessoas em áreas rurais ou com condições econômicas precárias, alavancar a telemedicina e reduzir o número de infecções adquiridas em hospitais. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta capacidade de alta transmissão de dados em pico, alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos, baixa latência fim-a-fim e eficiência energética.

Terapia alternativa de VR e AR

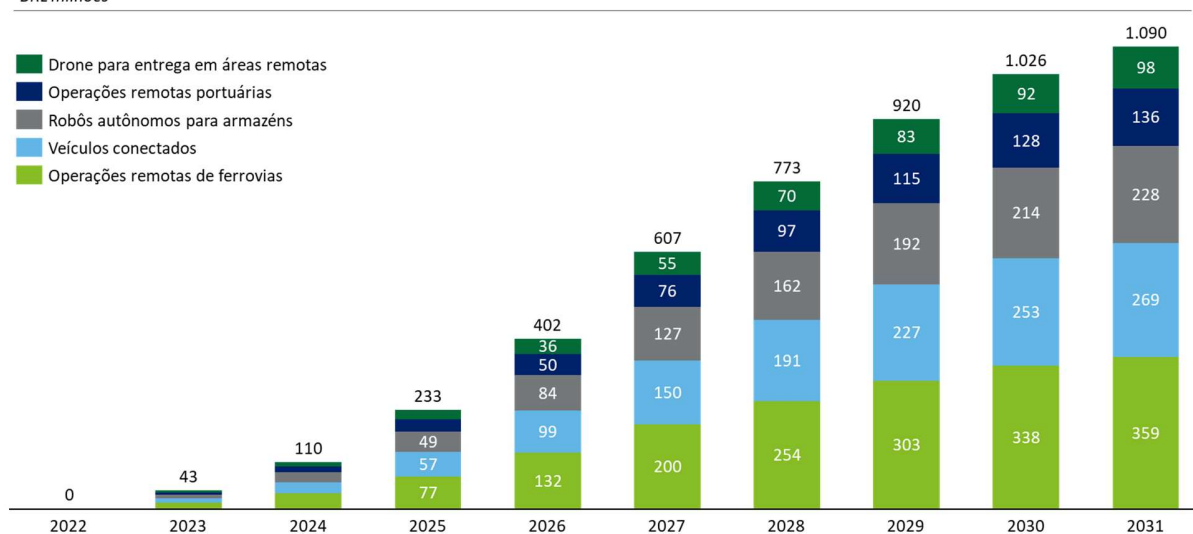
Uso da realidade virtual e realidade aumentada (VR e AR) para reduzir a dor e a ansiedade dos pacientes elegíveis ao tratamento. A solução pode ser uma terapia alternativa, mais prática de ser implementada pelos cuidadores, em um momento e lugar que deixem o indivíduo mais confortável durante os momentos de crises. Essa aplicação permite reduzir o tempo que um paciente precisa ficar em um hospital e possibilita melhorar o estado do paciente durante o tratamento. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos e baixa latência fim-a-fim.

Transmissão de imagem de exames

Uso de uma rede de alta velocidade que possibilita o envio de imagens em grande quantidade e qualidade entre instalações e dispositivos móveis. Como fruto dessa aplicação, a transmissão dos dados dos exames de raios X e ressonância magnética também poderão ocorrer sem fio. Essa aplicação permite fornecer um diagnóstico mais rápido ao paciente, eliminar a necessidade de desenvolver uma infraestrutura física para acessar a internet nas instalações médicas e aumentar o acesso remoto de profissionais da saúde. Além disso, pode-se utilizar de sistema de inteligência artificial para análise em tempo real das imagens transmitidas, auxiliando no diagnóstico. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Transporte, armazenagem e entrega

A vertical de transporte, armazenagem e entrega possui cinco casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 5,2 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de “Operações remotas de ferrovias” é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 1,7 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 21: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor transporte, armazenagem e entrega

Drones para entrega em áreas remotas

Uso de drones para entregas comerciais de produtos em áreas remotas ou em cidades de alta densidade populacional. Essa aplicação possibilita o aumento de receitas logísticas por oferecer serviços de entrega no mesmo dia em municípios populosos, permite um tempo menor de entrega, ajuda a superar problemas de qualidade de infraestrutura, aumenta a satisfação do cliente através de entregas mais rápidas e com menos erros, além de alavancar o monitoramento de produtos e a geração de dados em tempo real, fatores relevantes para o crescimento do *e-commerce*. O 5G impulsiona esse tipo de solução devido à alta capacidade de transmissão de dados, alta capacidade de transmissão de dados em pico, mobilidade, eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Operações remotas portuárias

Operação portuária automatizada por uma unidade de controle central, incluindo um guindaste navio-a-costa (*ship-to-shore*) automatizado que pode levantar contêineres através de comandos por conexão 5G. Essa aplicação proporciona a redução do custo de mão de obra pela menor necessidade de trabalhadores e menor compensação por acidentes, melhoria das normas de segurança, além de alavancar as tendências de monitoramento de produtos e a geração de dados em tempo real. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução devido à alta

velocidade da banda larga, alta capacidade de transmissão de dados em pico, densidade elevada de dispositivos, eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Operações remotas de ferrovias

Ferrovias automatizadas operadas a partir de um centro de operações central, sem a necessidade de um maquinista no trem, que possibilita: ganhos de capacidade, reduzindo os tempos de ciclo; redução de custos de mão de obra, do número de acidentes e do consumo de combustível; menores gastos com manutenção e operação pela eficiência de movimentação de estoque e; alavancagem das tendências de monitoramento de produtos e dados em tempo real. Para isso, o 5G impacta esse tipo de solução devido à alta velocidade da banda larga, alta capacidade de transmissão de dados em pico, mobilidade, densidade elevada de dispositivos, eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Robôs autônomos para armazéns

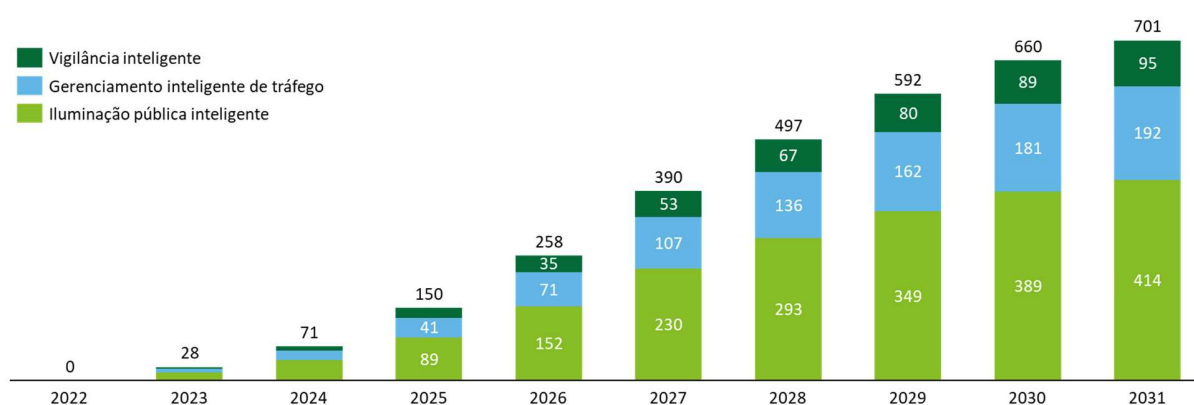
Robôs conectados para automatizar as operações em armazéns e centros de distribuição através de atividades de planejamento e execução, como *picking* e ordenação de produtos. Essa aplicação possibilita: a redução dos custos laborais pela menor necessidade de trabalhadores e compensações por acidentes; a diminuição do desperdício, por ser uma alternativa segura de transporte de matérias; a utilização de espaço físico reduzido pela otimização da área; a melhoria da eficiência operacional de organização, paletização e carregamento e das normas de segurança; o aumento da satisfação do cliente devido às entregas mais rápidas e menor quantidade de erros; a alavancagem das tendências de monitoramento de produtos e dados em tempo real; além de fornecer um fluxo de operações melhor de acordo com a disponibilidade de uso de robôs, pois estes trabalham ininterruptamente. Para tanto, essa solução é impulsionada pelo 5G por este fornecer alta velocidade da banda larga, alta capacidade de transmissão de dados em pico, mobilidade, densidade elevada de dispositivos conectados, eficiência energética, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Veículos conectados

Comunicação entre veículos para controlar a aceleração e frenagem entre diferentes caminhões automatizados. Essa aplicação visa diminuir o número de acidentes nas estradas, consumo de combustíveis e emissão de gases poluentes, otimizar o espaço no trânsito, reduzir congestionamentos, alavancar o monitoramento de produtos e a geração de dados em tempo real, além de permitir serviços multimídia e de navegação inteligente que melhorem a experiência de direção no médio e longo prazo. Para isso, o 5G impulsiona esse tipo de solução devido à alta capacidade de transmissão de dados, alta capacidade de transmissão de dados em pico, mobilidade, alta densidade de dispositivos, alta confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Administração pública, defesa e seguridade social

A vertical de administração pública, defesa e seguridade social possui três casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 3,4 bilhões até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de "Iluminação pública inteligente" é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 2,0 bilhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 22: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor administração pública

Gerenciamento inteligente de tráfego

Uso de conjunto complexo de dados que visa melhorar o controle de tráfego pela conexão e monitoramento através de sensores infravermelhos, câmeras de segurança e solução IoT para uma rede de gerenciamento, que pode redirecionar o tráfego, em caso de acidente, ou ajudar os socorristas a chegar mais rápido em uma ocorrência. Essa aplicação tem como objetivo reduzir o congestionamento do dia a dia, de acordo com as mudanças em tempo real nas condições de tráfego, promover indiretamente a melhora na qualidade do ar, reduzindo a poluição gerada por tráfego lento, e impulsionar o uso de tecnologias de comunicação e informação. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos e alta eficiência energética.

Iluminação pública inteligente

Uso de comunicação máquina-a-máquina, na qual a iluminação pública é conectada de forma a ser monitorada e controlada centralmente. Essa aplicação visa reduzir os custos de energia através da economia na operação, diminuir a criminalidade através da melhoria de iluminação das ruas, medir o impacto ambiental da redução do consumo de energia e melhorar a percepção da comunidade sobre a prestação de serviços de zeladoria da cidade como resultado de reparos proativos. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos, baixa latência fim-a-fim e eficiência energética.

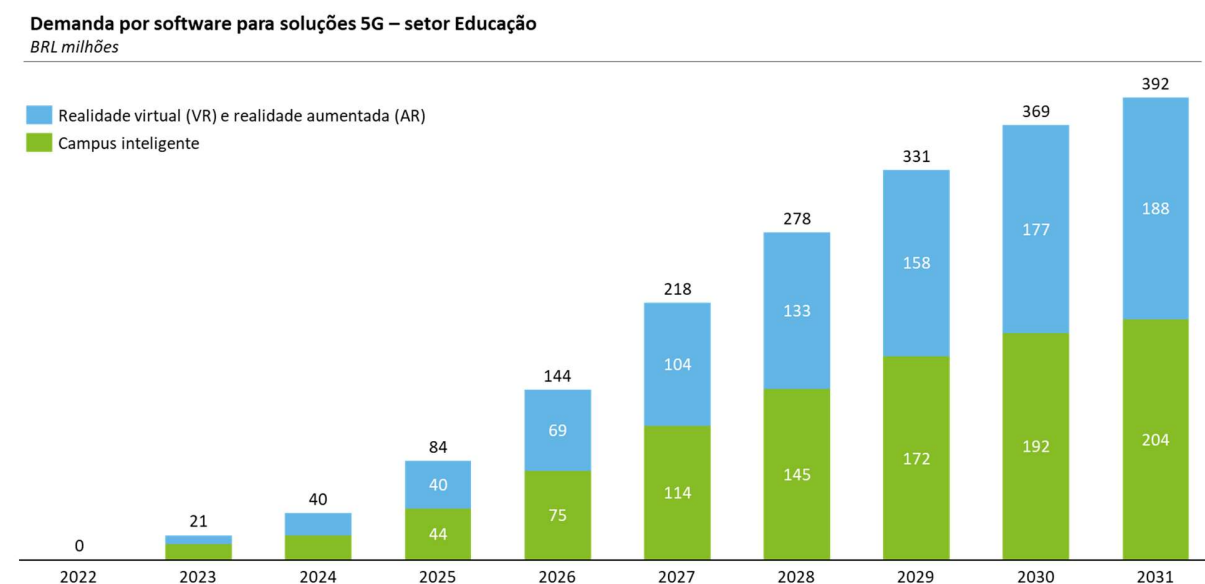
Vigilância por vídeo inteligente

Uso de inteligência artificial, que permite aos computadores interpretar grandes quantidades de dados na forma de imagens, sons e textos. Além disso, a tecnologia visa permitir o reconhecimento de rostos, veículos, placas

de veículos, vagas de estacionamento e outras análises de vídeo. Essa aplicação pode reduzir atos de vandalismo, aumentar o número de flagrantes de crimes e incentivar o bom comportamento da população. Para tanto, o 5G impulsiona esse tipo de solução ao oferecer alta capacidade de transmissão de dados em pico, alta confiabilidade, alta densidade de dispositivos, baixa latência fim-a-fim e eficiência energética.

Educação

A vertical de educação possui dois casos de uso mapeados, que visam estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G, representando um valor acumulado estimado das soluções de R$ 1,9 bilhão até 2031. Como fator de destaque da análise, a solução de "Campus Inteligente" é a mais representativa, com potencial total estimado de R$ 979 milhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 23: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor educação

Campus Inteligente via IoT

A tecnologia de IoT, que conecta diferentes dispositivos à internet e entre si, com o 5G permite diversas aplicações no ambiente educacional, dentre elas: automatização e monitoramento de atividades administrativas, como registro de presença, de professores e alunos; aumento da interação entre alunos e aluno-professor; e criação de salas de aula, prédios e campi inteligentes. A solução apresenta um grande potencial de reduzir custos administrativos com monitoramento e vigilância, aumentar a produtividade de professores e alunos e melhorar a experiência de aprendizagem. Além disso, o 5G impulsiona a solução ao permitir alta densidade de dispositivos conectados e conferir alta confiabilidade à rede.

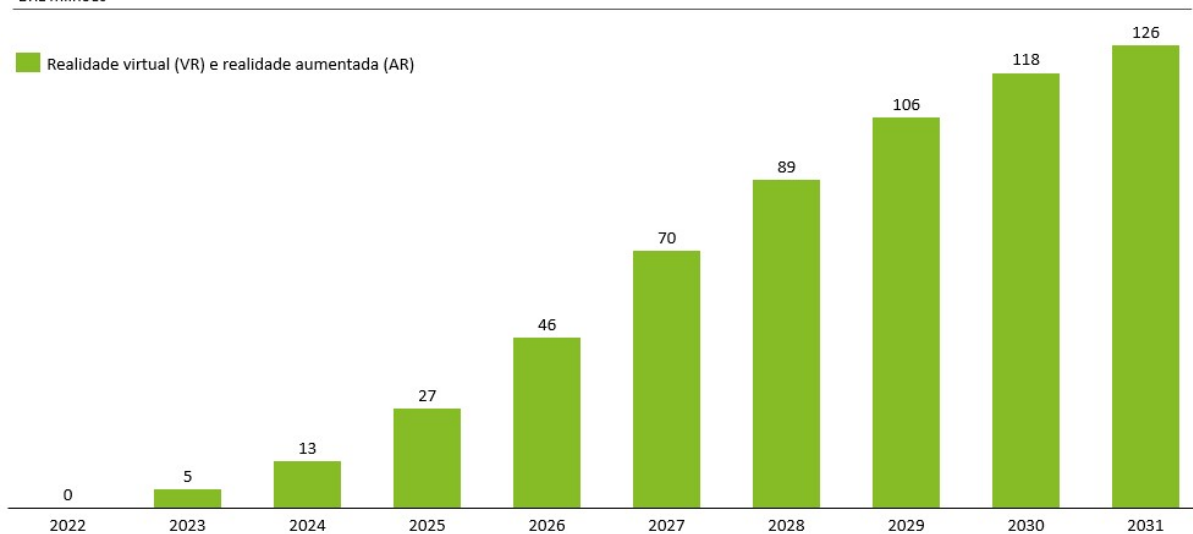
Realidade virtual e realidade aumentada

Identificação da demanda por soluções digitais

A realidade virtual remove a restrição de presença física para atividades, simulando um ambiente real de maneira digital. No ensino, a solução permite a realização de experimentos práticos à distância e facilita o compartilhamento de recursos especializados, equipamentos e instalações. A realidade aumentada, por sua vez, promove maior integração entre meio físico e digital, permitindo aos professores o compartilhamento de mais recursos e personalização do atendimento aos alunos. Além de potencializar ganhos com redução de custos, otimização de recursos e do processo de aprendizagem, o 5G impulsiona a solução ao oferecer grande capacidade de transmissão de dados em pico, alta densidade de dispositivos, confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Informação e Comunicação

A vertical de informação e comunicação possui dois casos de uso mapeados para estimar a potencial demanda para o mercado de *software* 5G. Um dele se trata da nova configuração de redes desagregadas abertas, que, por sua relevância, tem um tópico exclusivo neste relatório. A outra solução se trata do uso de "Realidade virtual e aumentada" para produtos de entretenimento, com potencial estimado de R$ 601 milhões ao longo dos próximos 10 anos.

Figura 24: Demanda anual de software para soluções 5G para o setor informação e comunicação

Realidade virtual e realidade aumentada

Novos produtos de entretenimento com realidade virtual e realidade aumentada como videogames, filmes 3D, museus e exposições com experiências imersivas. Essas soluções estimulam a inovação de produtos e a atualização de *hardware*, bem como oferecem uma melhor experiência para os usuários, fomentando a competitividade. O 5G alavanca essas aplicações ao ofertar alta velocidade de transmissão de dados, transmissão de grandes volumes em pico, alta densidade de dispositivos, confiabilidade e baixa latência fim-a-fim.

Glossário

Detalhamento dos diferentes tipos de *software* de redes

Acrônimo	Significado
AMF, SMF, UPF	Elementos pertencentes à rede núcleo da tecnologia 5G, são definidos pelo 3GPP em TS 23.501. AMF (Access and Mobility Management Function): Responsável por tratar o plano de controle das funções de registro, conectividade e mobilidade. SMF (Session Management Function.): Resposável por tratar o plano de controle e gerenciamento das sessões. UPF (User Plane Function): Responsável por tratar o plano de usuário das sessões e gateway para internet.
Anti-fraude & Revenue Assurance	Soluções que permitem capturar com precisão a receita de todos os serviços prestados e evitar fraudes. Em vez de corrigir os erros depois que eles ocorrem, ou não os detectar e corrigi-los de forma alguma, a garantia de receita permite que o CSP (Communications Service Provider) examine e conecte dezenas de pontos de vazamento reais ou potenciais em toda a rede e sistemas voltados para o cliente e corrija os dados antes que cheguem ao sistema de cobrança.
API Management/AF/NEF	API Management: Plataforma responsável pela garantia do processo de projetar, publicar, documentar, analisar e aplicar políticas para utilização de APIs em um ambiente seguro. AF (Application Function) e NEF (Network Exposure Function) são funções pertencentes à gestão e utilização de recursos do 5G através de APIs. Ambos são definidos pelo 3GPP em TS 23.501.
BSS (CRM, Billing, etc.)	BSS (Business Support System): Sistema existente nas redes legadas de telecomunicações e responsável pela gestão e jornada do cliente na gestão dos serviços, desde ativação, faturamento, cancelamento, atualização etc. Constitui-se em conjunto de soluções como: Customer Relationship Management (CRM); Billing; Order Management; Call Center e portais/aplicações dentre outros.
CEM	CEM (Customer Experience Management): Plataforma responsável por auxiliar no gerenciamento da experiência do cliente (CXM), buscando trazer de maneira automatizada e sintética o grau de satisfação dos clientes nos produtos e serviços. Interage e utiliza as informações da plataforma de SQM (Service Quality Management). Uma plataforma avançada também auxilia de maneira automatizada através de AI e sistemas especialistas o processo de planejamento e decisão estratégica.
CU, DU	Pertencentes á estação rádio base da tecnologia 5G, estes elementos são definidos no 3GPP (TR 38.801) https://www.3gpp.org/DynaReport/38801.htm e na arquitetura Open RAN (O-RAN) https://www.o-ran.org/specifications. Central Unit (CU): Nó lógico que inclui as funções do gNB (estação do 5G) como Transferência de dados do usuário, Controle de mobilidade, Compartilhamento de rede de acesso por rádio, Posicionamento, Gerenciamento de Sessão etc., exceto aquelas funções alocadas exclusivamente ao DU. CU controla a operação de DUs na interface front-haul (Fs). Uma unidade central (CU) também pode ser conhecida como BBU / REC / RCC / C-RAN / V-RAN Distribution Unit (DU): Nó lógico que inclui um subconjunto das funções gNB, dependendo da opção de divisão funcional. Seu funcionamento é controlado pela CU. Unidade distribuída (DU) também conhecida com outros nomes como RRH / RRU / RE / RU.
LSO	Lifecycle Service Orchestration (LSO) é uma arquitetura e/ou conjunto de soluções para automatizar o ciclo de vida de um serviço fim a fim em vários domínios de tecnologia e redes de provedores. A estrutura LSO é definida pelo MEF (Metro Ethernet Forum) para padronizar APIs abertas para orquestrar serviços de conectividade em várias redes.

Acrônimo	Significado
NFVO/ VNFM	Ambos definidos são definidos na arquitetura ETSI NFV para o MANO. NFVO (Network Function Virtualization Orchestrator) : Responsável por Onboarding de serviços de rede, VNFs; Gerenciamento de topologia de serviços de rede (VNF Forwarding Graphs); Gerenciar políticas e instâncias de VNFs: Instanciação, dimensionamento (scale in out) e terminação de serviços de rede e VNFs; Realizar as medições de desempenho, correlação de eventos, Selfhealling, terminação de VNFs; Realizar a gestão global de recursos, validação e autorização das solicitações de recursos NFVI; VNFM (Virtual Network Function Manager): Responsável por realizar o gerenciamento do ciclo de vida de instâncias do VNF: Instanciaçãa, Configuração, Início de, Parada, Scalling In/Out etc; Atualização e / ou atualização de VNFs; Realizar a coordenação geral e papel de adaptação para a configuração e relatório de eventos entre o NFVI e o E / NMS.
O&M (FM, PM, CM)+EMS	Integrantes do conjunto de funcionalidades do OSS (Operational Support System), as funções de O&M são responsáveis por: gerência de falhas (FM); gerência de performance (PM); gerência de configuração). O EMS (Element Management System) é responsável pela gerência do elemento de rede em si e que se comunica com o OSS.
Online Charging, Offline Charing e CHF	Online Charging, Offiline Charging e CHF (Charging Function) são elementos pertencentes à gestão de cobrança de serviços e gestão de recursos utilizados na tecnologia 5G, são definidos pelo 3GPP em TS 23.501 e TS 32.240. Também constituem em parte do BSS.
Policy Management PCF	Elementos pertencentes à gestão de política de serviços na tecnologia 5G, são definidos pelo 3GPP em TS 23.501. PCF (Policy Charging Function): Responsável pela governança do comportamento da rede, provê regras para de controle de QoS para os usuários. Policy Management: Solução de mais alto nível que responsável por interagir com o PCF, Service Assurance, NSO, SDN Controllers para trazer o suporte com o nível de serviço otimizado para garantir aquele contratado.
RIC nRT	Radio Intelligent Controller near Real Time. Definido na arquitetura Open RAN (O-RAN): https://www.o-ran.org/specifications. Ele é decomposto em: Non Real Time ou Non RT; near Real Time (nRT). O RIC Non RT é parte da estrutura de gerenciamento e orquestração de serviços, implantada centralmente na rede do provedor de serviços, que permite o controle em tempo não real (maior que 1 segundo) de elementos RAN e seus recursos por meio de aplicativos especializados chamados rApps . O RIC nRT (near RealTime) reside no Edge Computing ou nuvem regional e é responsável pelo controle dos nós e recursos RAN. O Near-RT RIC controla os elementos RAN e seus recursos com ações de otimização que normalmente levam de 10 milissegundos a um segundo para serem concluídas.
SDN Controllers + NSO	SDN Controller é a componente que trata o plano de controle de uma arquitetura genérica desagregada: roteadores, funções de rede etc. Existem algumas arquiteturas para definir a sua utilização, entretanto a mais conhecida é a ONOS /Cord da ONF. NSO (Network Service Orchestrator). Controlador fim a fim de diversos SDN Controllers para entrega de serviço fim a fim.
Segurança	É um termo amplo que cobre uma grande variedade de tecnologias, dispositivos e processos. Numa definição mais simples, é um conjunto de regras e configurações projetadas para proteger a integridade, confidencialidade e acessibilidade de redes e aplicações. Com a disponibilidade de tecnologias como o ML (Machine Learning) e AI (Artificial Intelligence) podem auxiliar na criação e solução de ataques, inventário e configurações não padronizadas entre outros.

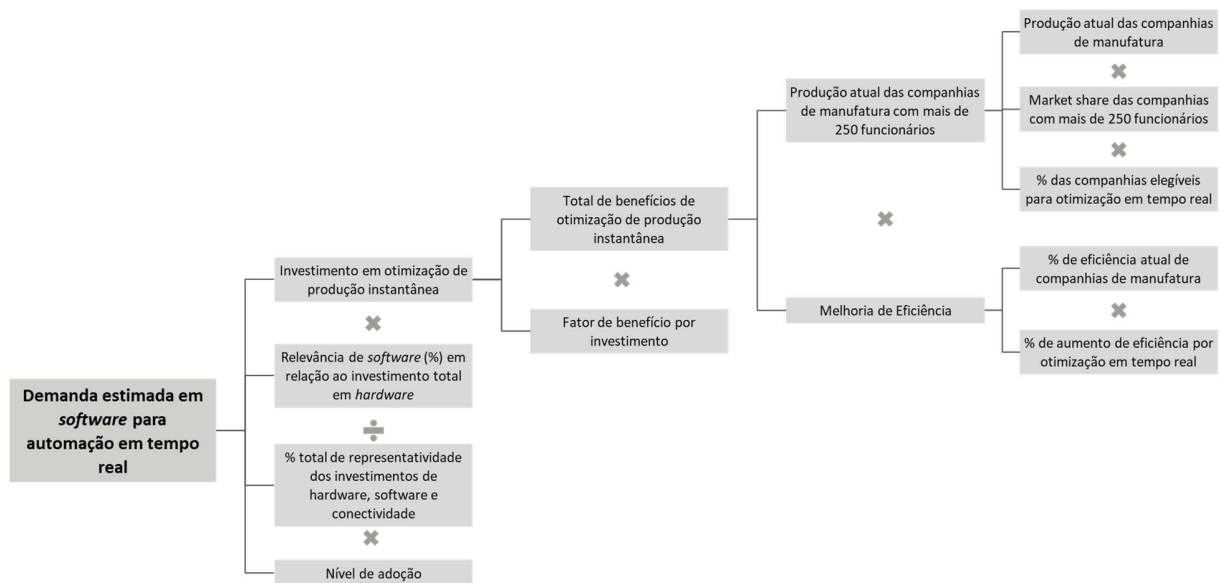
Acrônimo	Significado
Service Assurance	Plataforma responsável por abranger os procedimentos usados para monitorar um serviço de rede e manter e garantir a qualidade deste serviço em particular. Utiliza diversas informações de rede e do ambiente de virtualização (telemetry), correlacionando e para gestão integrada de falha e performance. É uma evolução das gerências de falhas e performance das redes físicas legadas.
Slice Management (NSSF)	Elemento pertencente à gestão de slice de rede na tecnologia 5G, são definidos pelo 3GPP em TS 23.501, o Network Slice Selection Function (NSSF) é responsável pela seleção de instâncias de slices na rede para servir ao dispositivo. Slice Management. Plataforma responsável pela gestão em alto nível dos slices de rede. Pode ser auxiliada e automatizada com tecnologias de Machine Learning e AI.
SON & Automation	SON (Self Organized Network)/ Automação. Constitui-se em sistema capaz dotar a rede com ajustes automatizados em closed-loop com uma das seguintes soluções: Self-Healing (Redes Auto-recuperáveis); Self-optimization (Redes Auto-otimizáveis); Self-configuration (Redes auto-programáveis). Ele pode ser desenvolvido por sistemas dedicados um através de sistemas especialistas e AI.
SQM/ Analytics	SQM (Service Quality Manageent): Entidade responsável pela análise de KPIs (Key Quality Indicators) de rede e traduzir o melhor conjunto que representa um dado serviço.
UDM/UDR, AUSF, 5GEIR	Elementos pertencentes à gestão de registro do assinante na tecnologia 5G, são definidos pelo 3GPP em TS 23.501. UDM (Unified Data Management)/ UDR (Unified Data Repository): Funções semelhantes ao HLR/HSS das gerações anteriores, responsáveis por suportar as funções de registro, autenticação e repositório das informações permanentes dos usuários 5G. AUSF (Authentication Server Function): Resposnável por abrigar a chave de criptografia e os processos de autenticação. 5GEIR (5G Equipment Identifier Register): Responsável por verificar o status do terminal: black list, grey list etc.

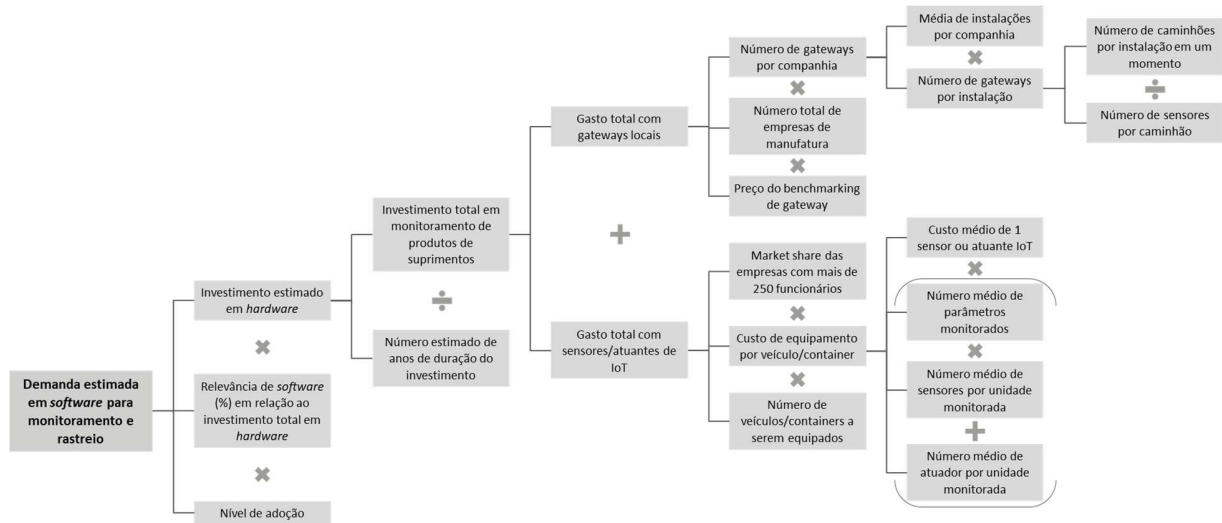
Apêndice

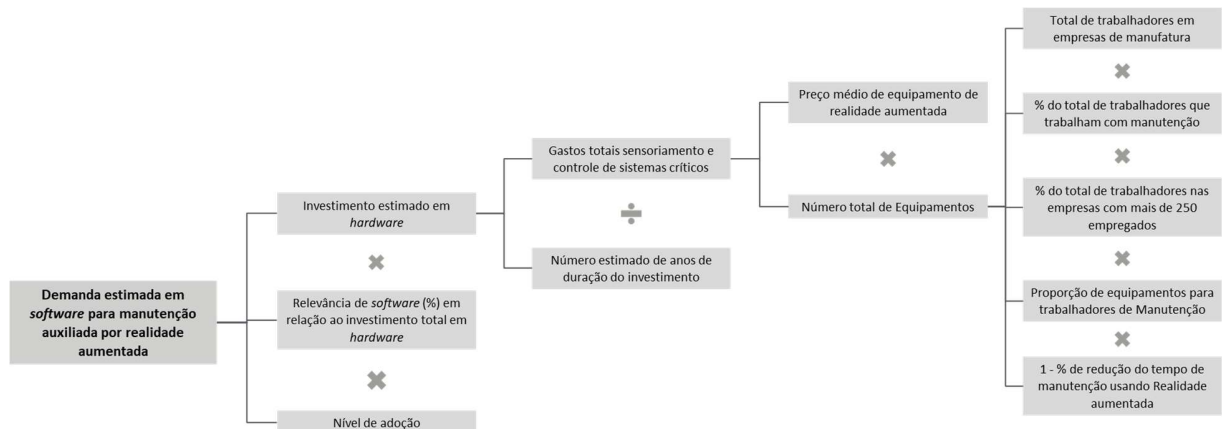
ESTRUTURA DE CÁLCULO DOS CASOS DE USO

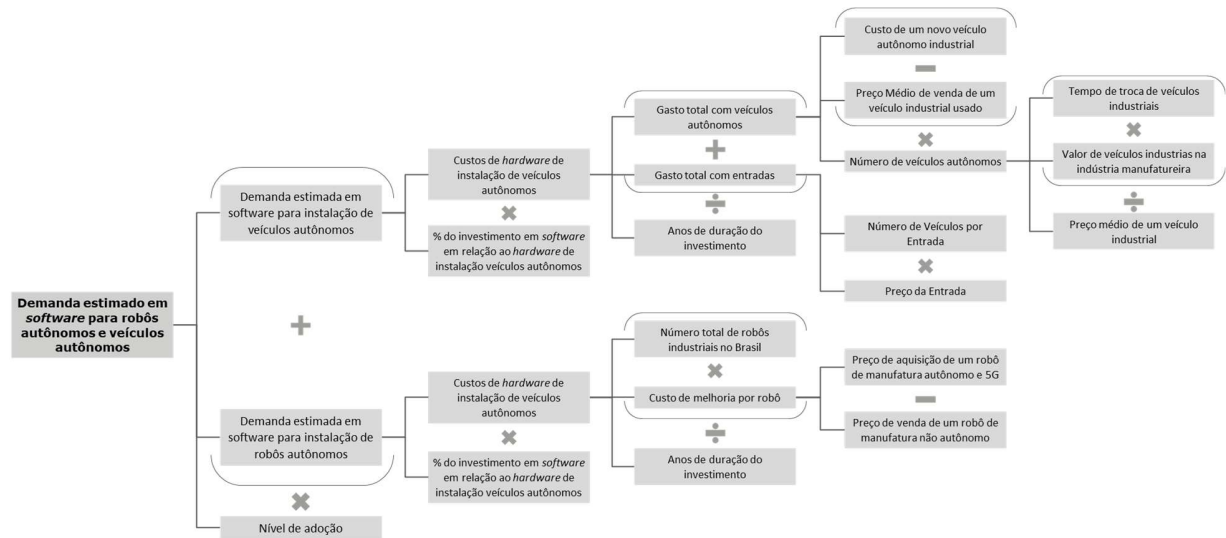
Indústria de transformação

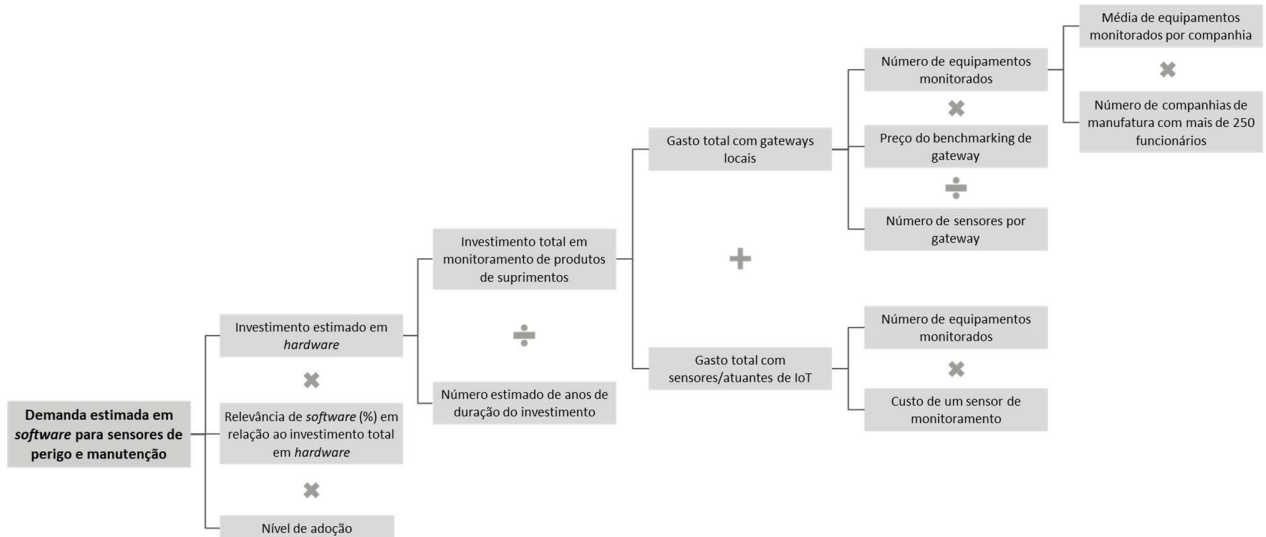
Automação em tempo real

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente a criar fábricas inteligentes, possibilitando ajustes em tempo real dos processos produtivos buscando otimização de eficiência, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Monitoramento e rastreio pela digitalização do *supply chain*

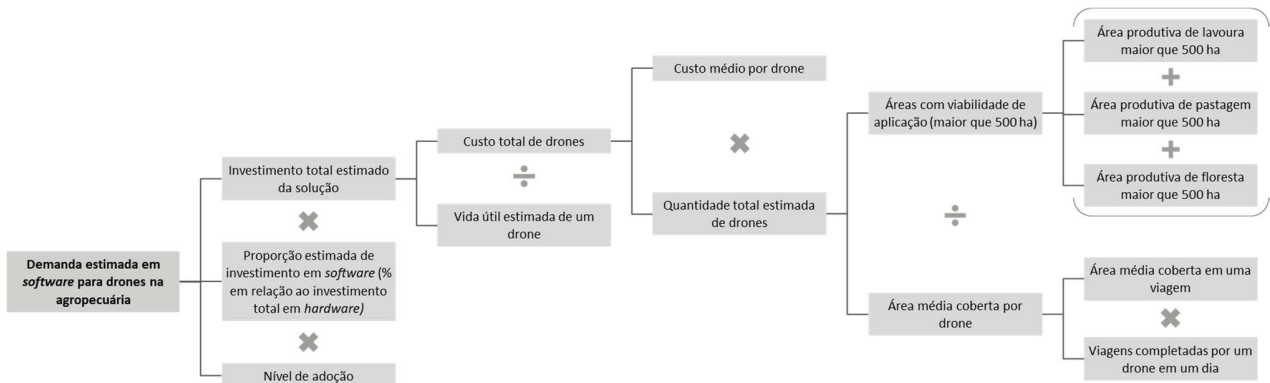
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente ao investimento total em equipamentos e sensores para cobrir a cadeia de suprimentos de fábricas, gerando informações necessárias para monitorar e rastrear cada parte desse processo, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Realidade aumentada para manutenção na indústria

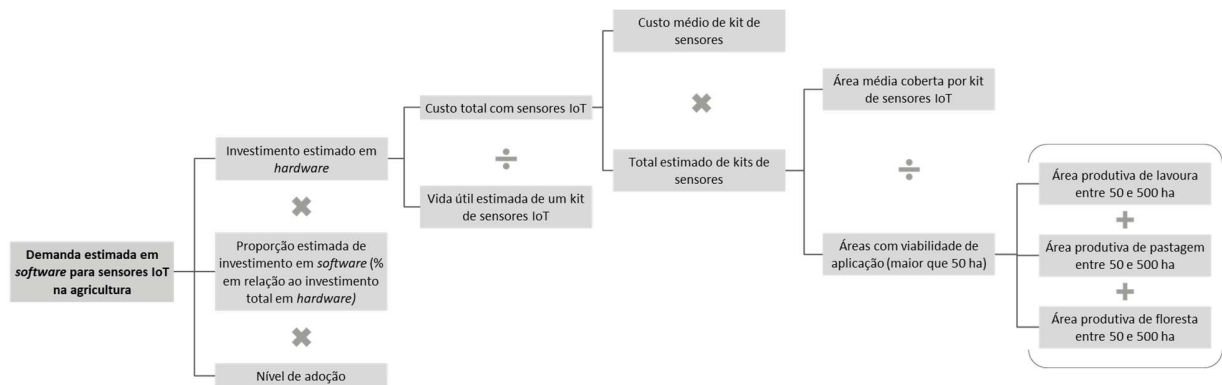
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de equipamentos de realidade aumentada e virtual para auxiliar nas atividades de manutenção da indústria, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Robôs e veículos autônomos para redução de acidentes e ganho de produtividade

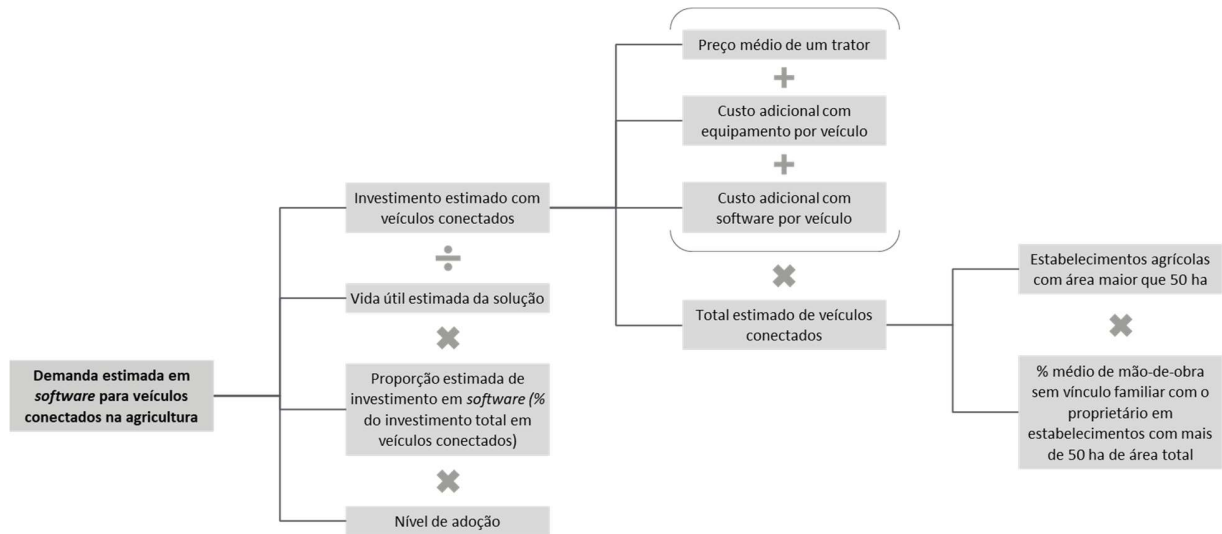
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade de robôs e veículos autônomos para automatizar o processo produtivo na indústria, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Sensores de perigo e manutenção

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de sensores IoT para equipar as máquinas produtivas para coleta de dados referentes a situações de perigo e de necessidade de manutenção, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura

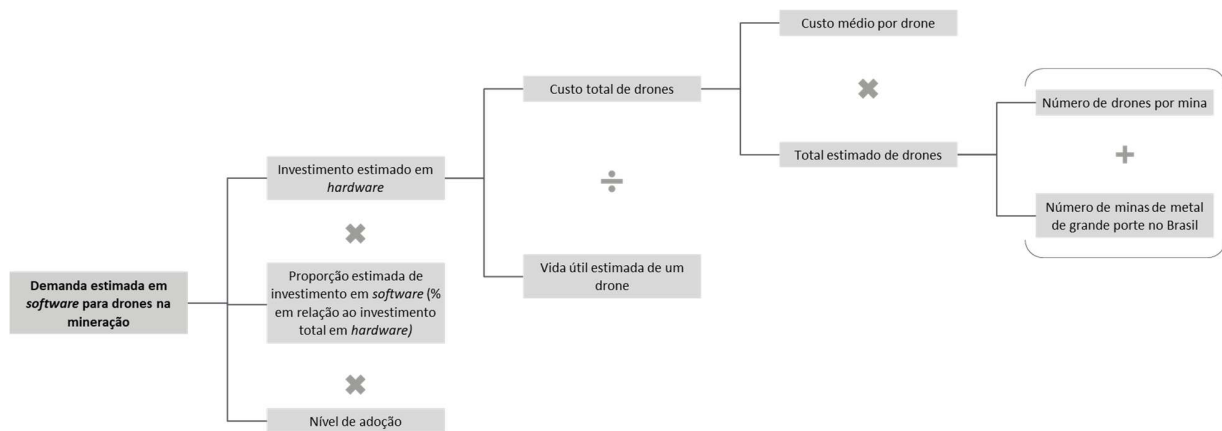
Drones controlados remotamente para coleta de informações de lavouras, criação de animais e florestas

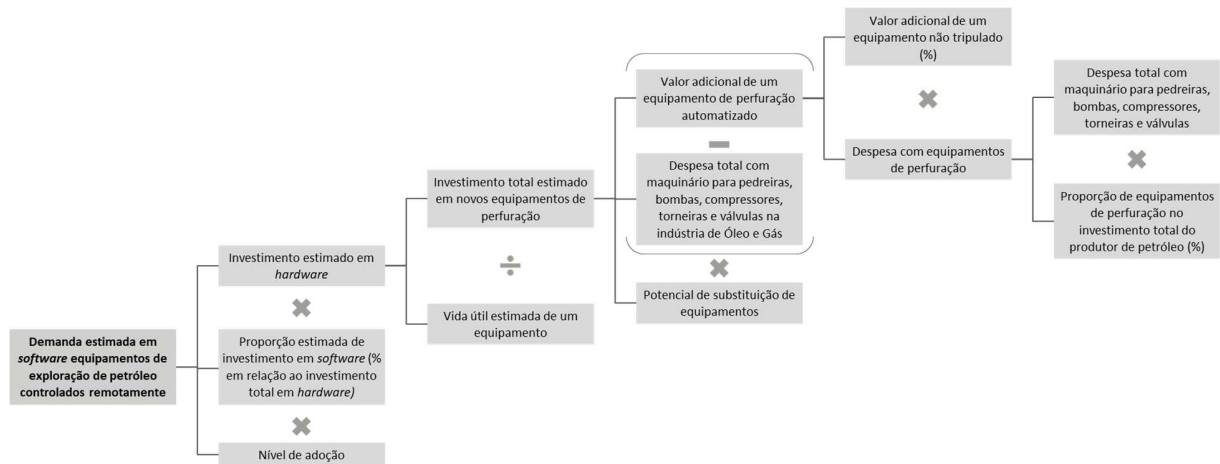
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de drones baseados em 5G que seriam necessários para cobrir áreas de terra produtivas, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Sensores para coleta de dados e monitoramento de atividades agropecuárias

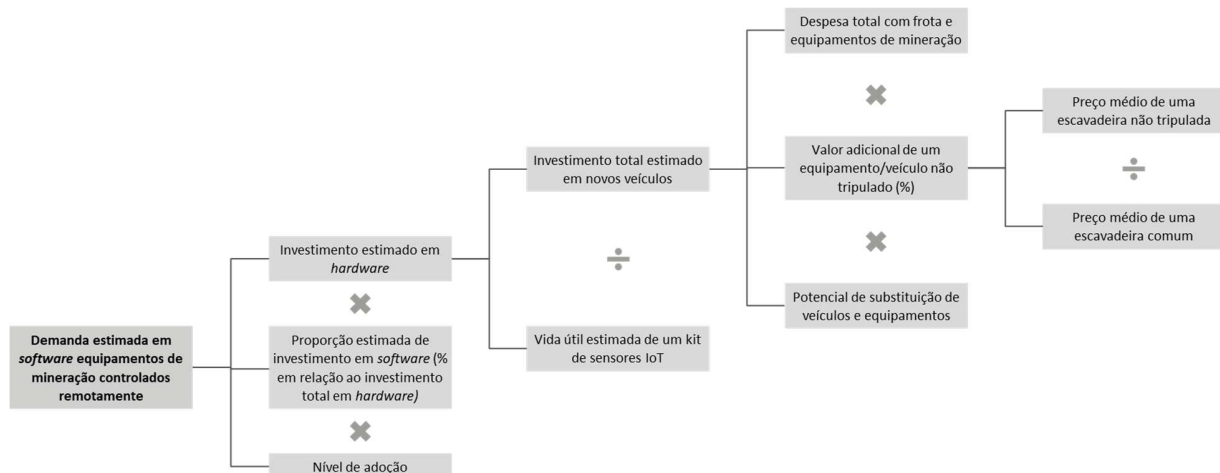
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de sensores IoT para coleta massiva de dados do campo com objetivo de se ter ações mais assertivas na produção agropecuária, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Veículos conectados para atividades agropecuárias

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de veículos utilizados em atividades agropecuárias, como tratores, de maneira conectada e autônoma, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução

Indústria extrativa

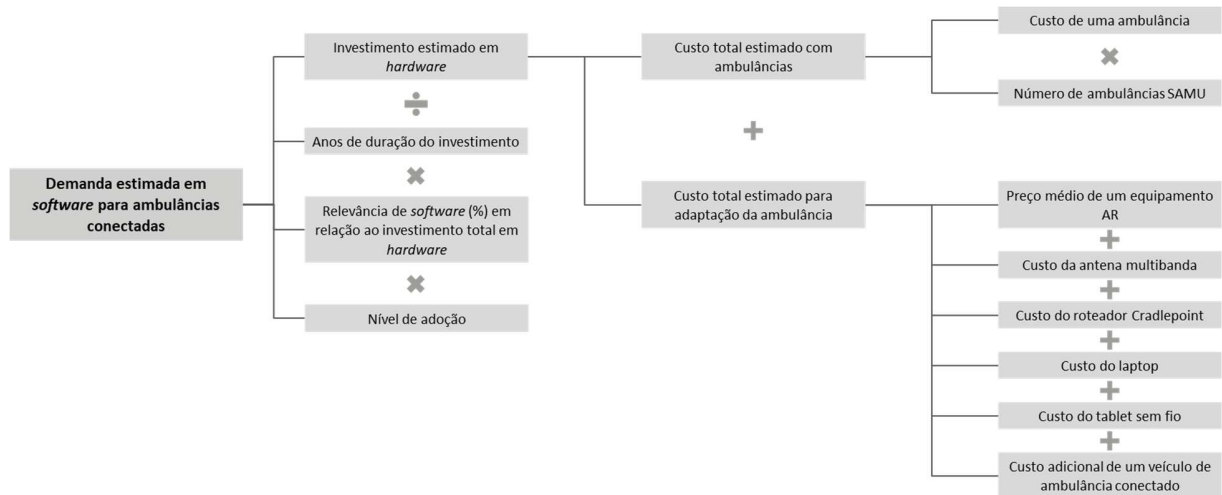
Drones de vigilância e monitoramento de atividades de mineração

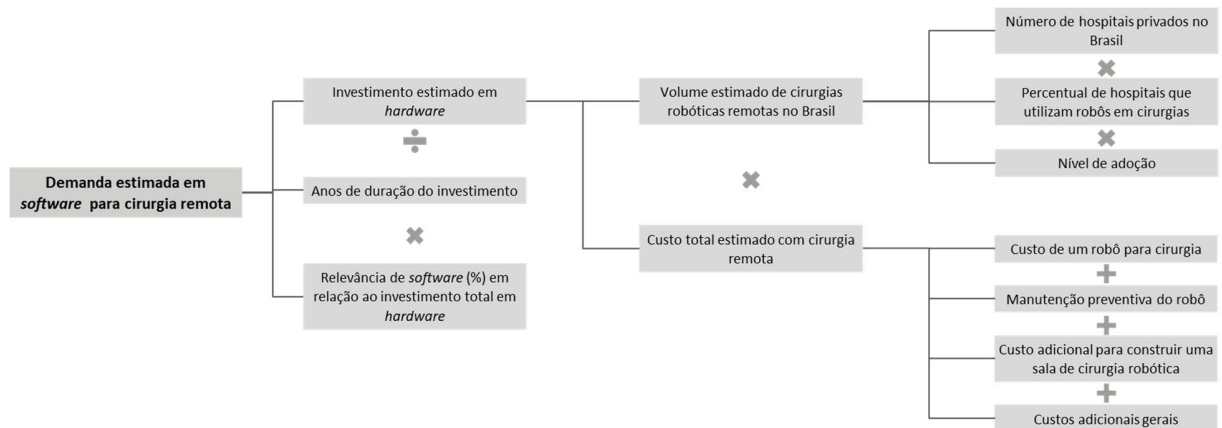
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de drones baseados em 5G que seriam necessários para cobrir minas de grande porte no Brasil, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Equipamentos de extração de óleo e gás controlados remotamente

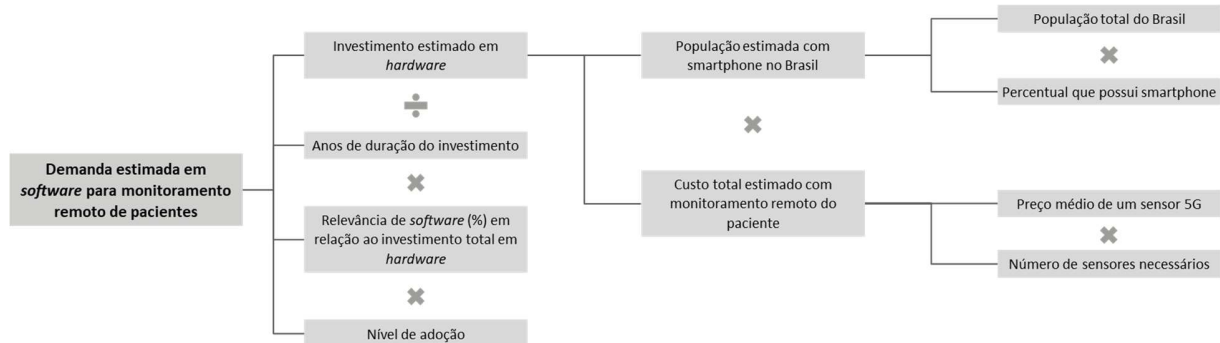
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de veículos e equipamentos para atividades de extração de óleo e gás que podem controlados remotamente necessários, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Veículos e equipamentos de mineração controlados remotamente

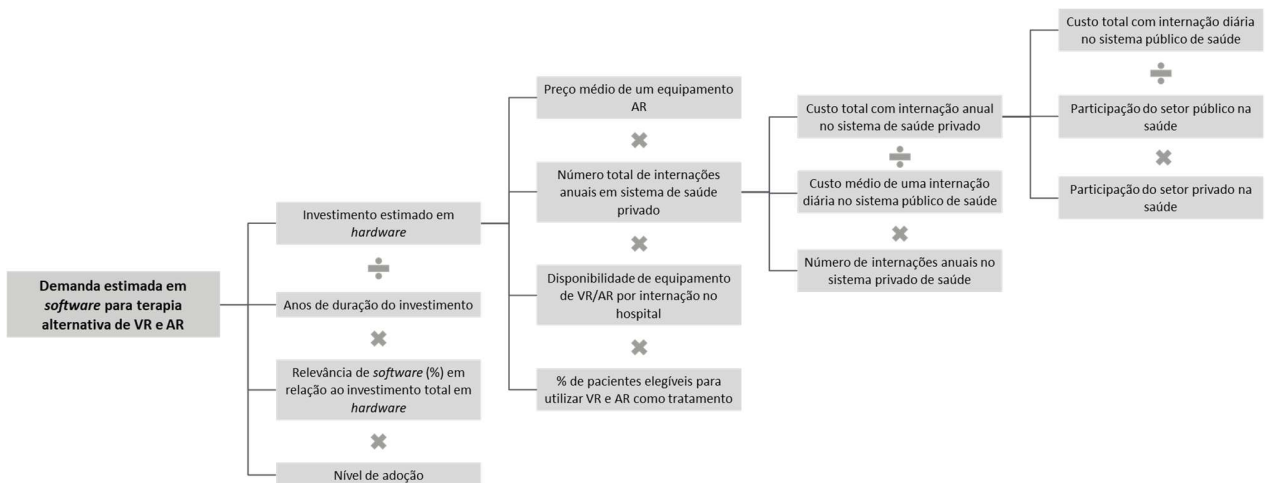
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de veículos e equipamentos para atividades de mineração que podem controlados remotamente necessários, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Saúde humana e serviços sociais

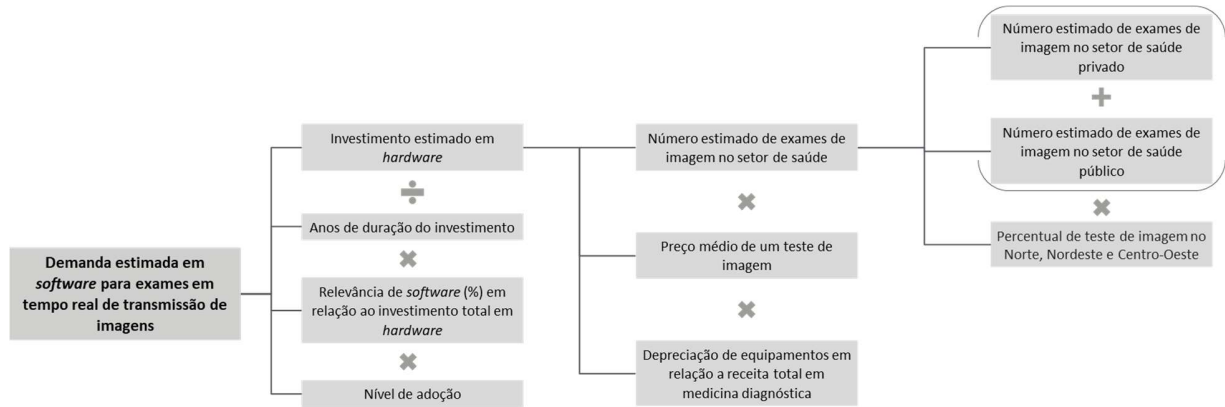
Ambulância conectada

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de ambulância do SAMU que seriam equipadas com dispositivos de conexão para transmissão em tempo real de dados, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Cirurgia robótica remota

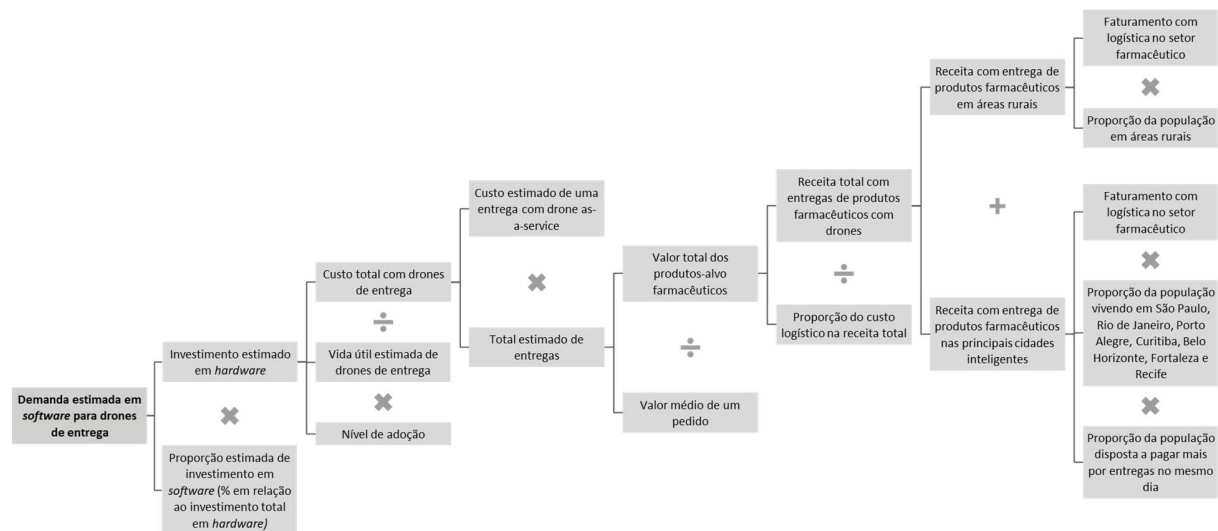
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade de equipamentos para cirurgias robóticas atualmente existentes que poderiam ser feitas remotamente, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Monitoramento remoto de paciente

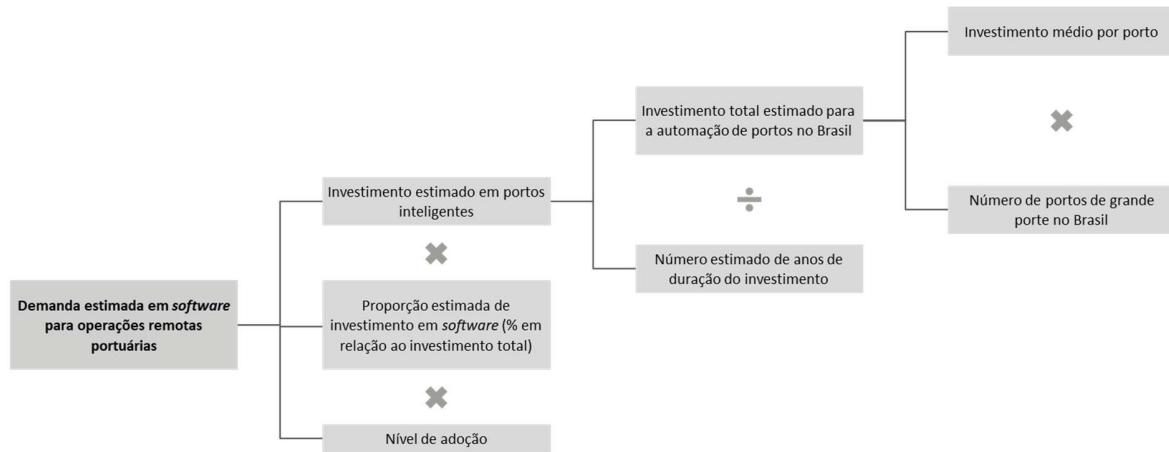
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade de dispositivos usados para monitorar sinais de saúde em tempo real, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Terapia alternativa de VR e AR

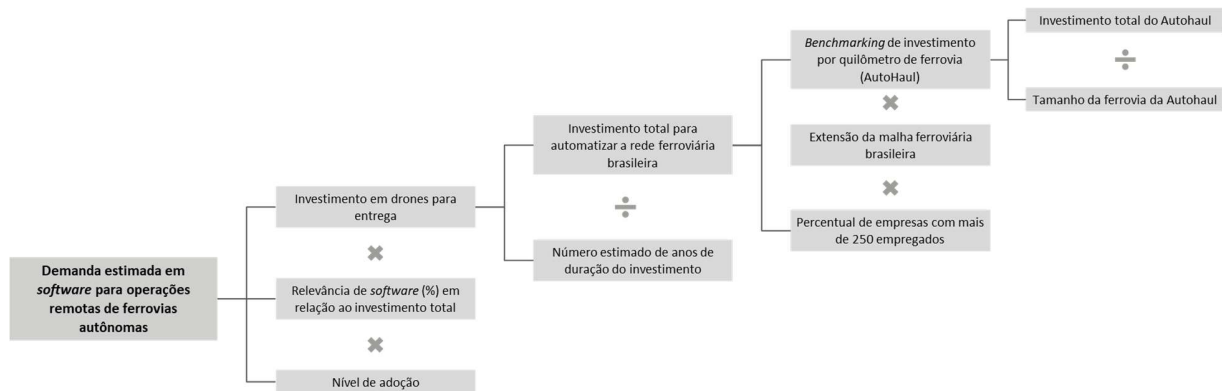
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade de equipamentos de realidade aumentada e virtual focados em tratamentos terapêuticos em hospitais, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Transmissão de imagem de exames

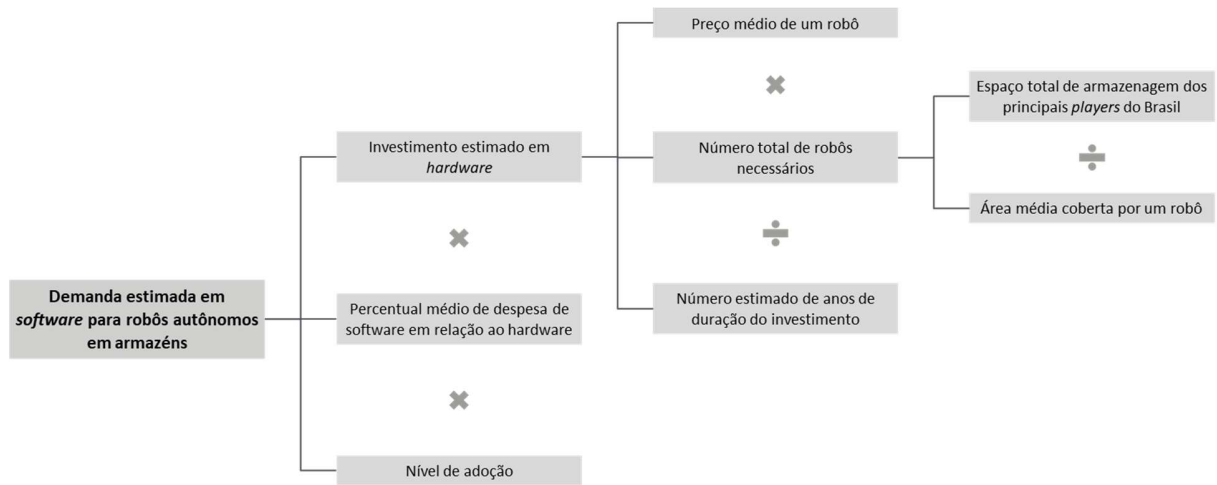
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente ao investimento em equipamentos para diagnóstico remoto, usando uma aproximação que esse investimento é da mesma magnitude da depreciação de equipamentos atualmente existentes, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução

Transporte, armazenagem e entrega

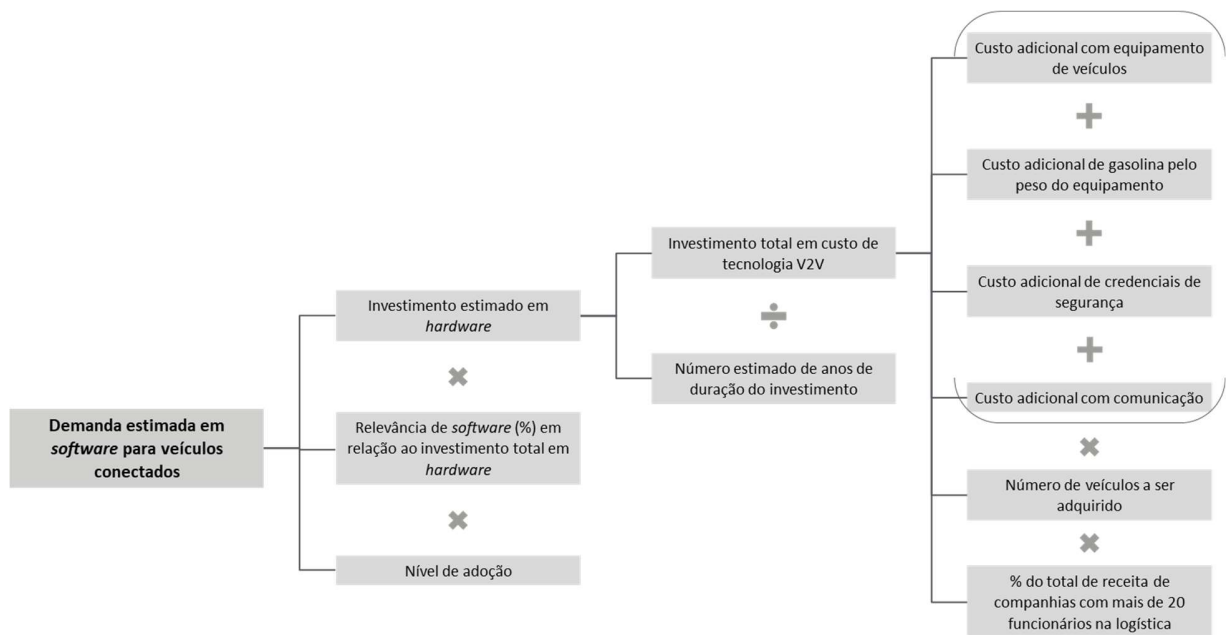
Drones para entrega

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de drones baseados em 5G que seriam utilizados para entrega de materiais e produtos de alto valor agregado para áreas remotas e cidades inteligentes, utilizando como aproximação os produtos farmacêuticos, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Operações remotas portuárias

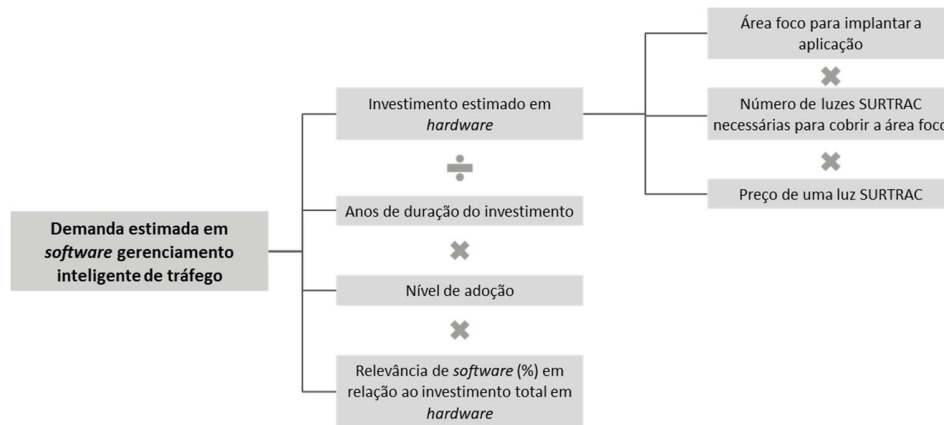
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente a equipar portos de grande porte, permitindo operação à distância de determinados processos, diminuindo a necessidade de trabalhadores e aumentando a segurança, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Operações remotas de ferrovias

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente a transformar linhas ferroviárias e trens em com equipamentos conectados, permitindo operação à distância, sem necessidade de maquinista no trem, através de comparação com solução similar existente, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Robôs autônomos para armazéns

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente ao investimento em robôs para atividades de transporte de produtos em centros de distribuição, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Veículos conectados

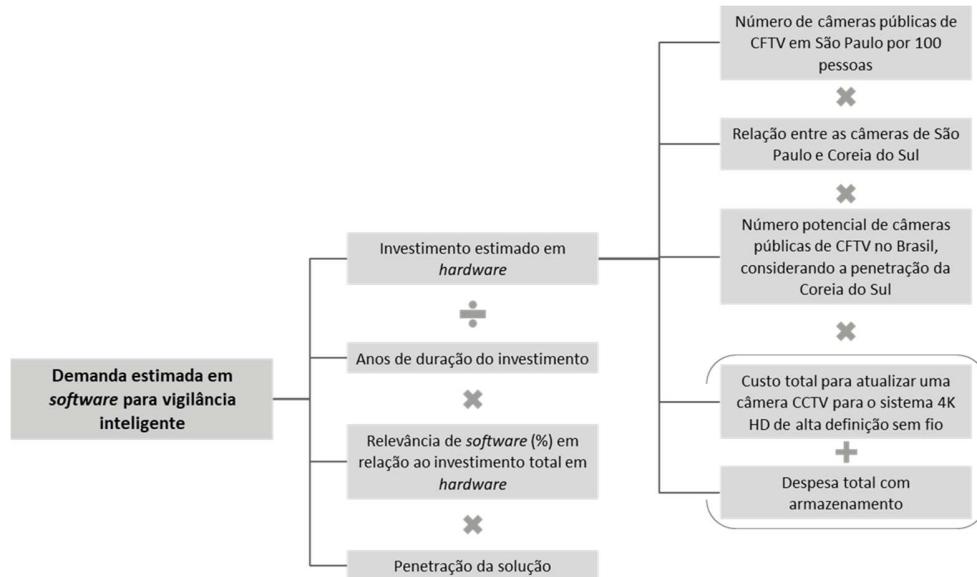
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente ao investimento em veículos e caminhões de transporte com algum grau de autonomia para empresas de transporte e logística, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Administração pública, defesa e seguridade social

Gerenciamento inteligente de tráfego

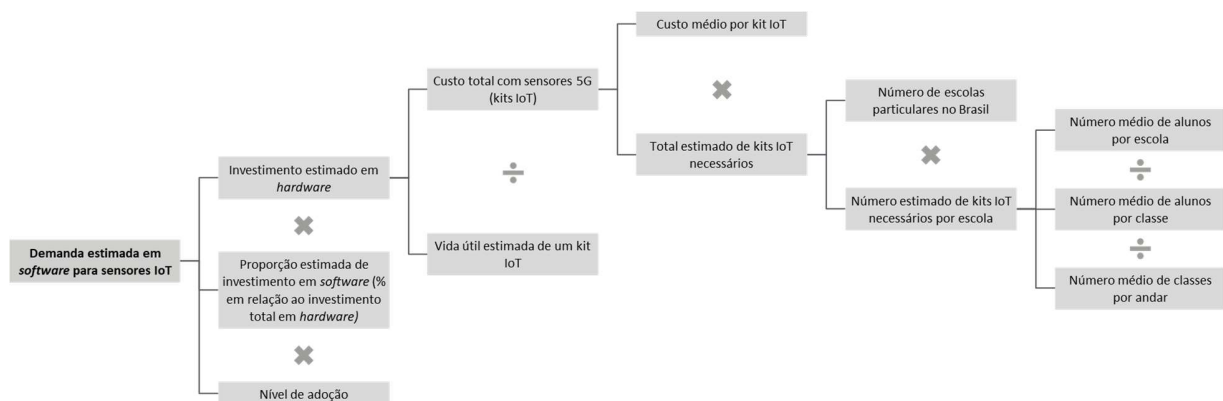
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de semáforos inteligentes seriam necessários para cobrir as intersecções de tráfego de cidades inteligentes, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Iluminação pública inteligente

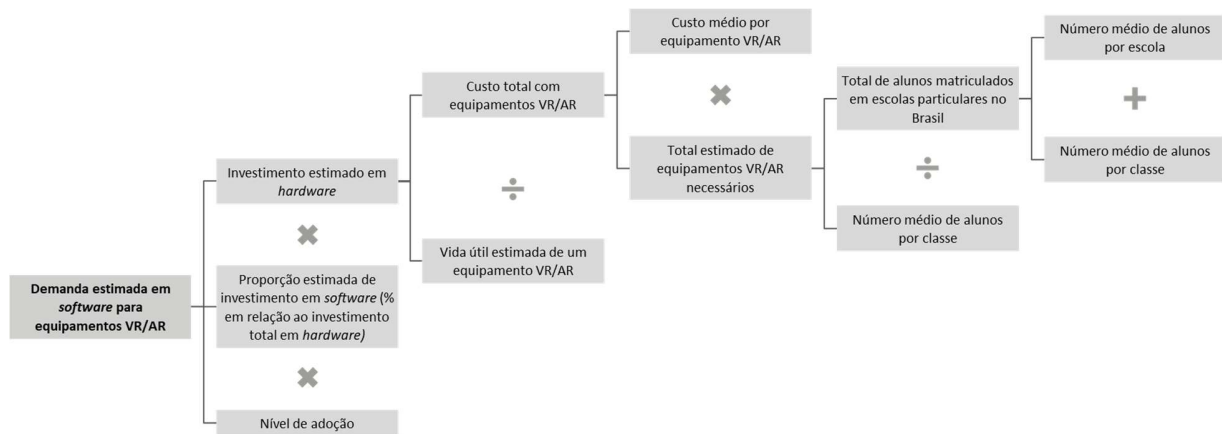
Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de postes de luz inteligentes seriam necessários para cobrir a área as vias e espaços públicos de cidades inteligentes, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Vigilância por vídeo inteligente

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de câmeras de vigilância pública inteligentes para auxiliar na segurança de cidades inteligentes, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Educação

Campus Inteligente via Internet das Coisas

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de kits de sensores IoT para equipar salas e espaços de ensino para se ter uma gestão inteligente desses locais, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Realidade virtual e realidade aumentada na educação

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de equipamentos de realidade aumentada e virtual para auxiliar no aprendizado de alunos, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

Informação e Comunicação

Realidade virtual e realidade aumentada para mídia e entretenimento

Este cálculo baseia-se em estimar o valor de software referente à quantidade total de equipamentos de realidade aumentada e virtual que poderiam ser usados para mídia e entretenimento, considerando o nível potencial de adoção e o custo desse tipo de solução.

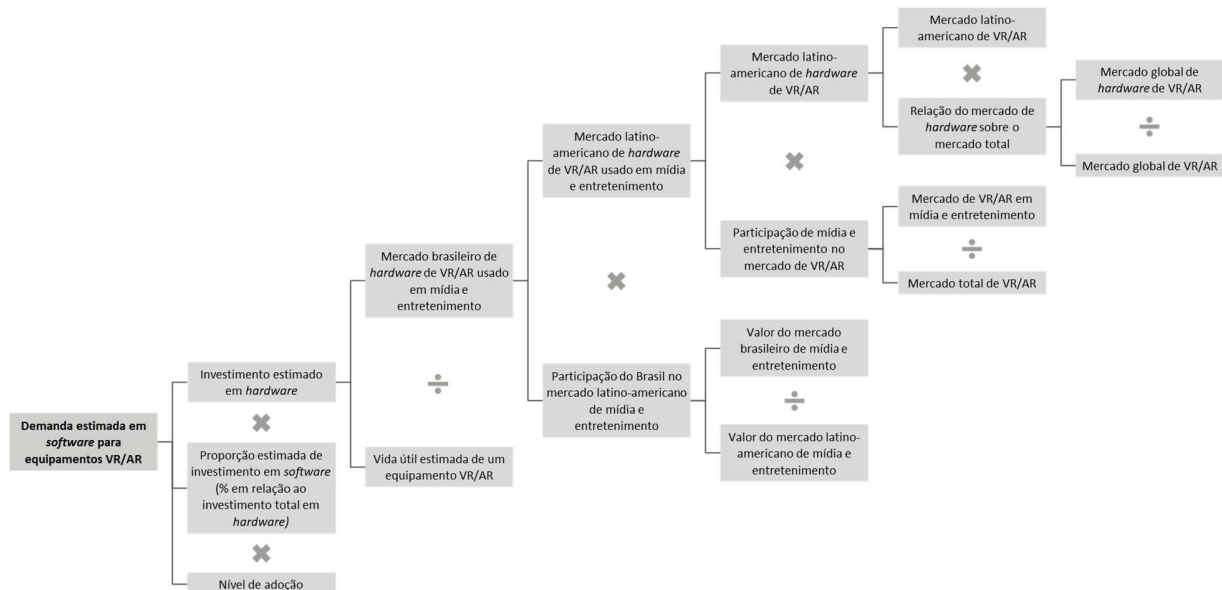



TABELA DE CASOS DE USO E TIPO DE REDE A SER USADA

Caso de uso	Tipo de rede
Indústria de transformação	
Automação em tempo real	Privada
Monitoramento e rastreio pela digitalização do *supply chain*	Privada
Realidade aumentada para manutenção na indústria	Privada
Robôs e veículos autônomos para redução de acidentes e ganho de produtividade	Privada
Sensores de perigo e manutenção	Privada
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	
Drones controlados remotamente para coleta de informações de lavouras, criação de animais e florestas	Privada/Pública
Sensores para coleta de dados e monitoramento de atividades agropecuárias	Privada/Pública
Veículos conectados para atividades agropecuárias	Privada/Pública
Indústria extrativista	
Drones de vigilância e monitoramento de atividades de mineração	Privada
Equipamentos de extração de óleo e gás controlados remotamente	Privada/Pública
Veículos e equipamentos de mineração controlados remotamente	Privada
Saúde humana e serviços sociais	
Ambulância conectada	Pública
Cirurgia robótica remota	Privada/Pública
Monitoramento remoto de paciente	Pública
Terapia alternativa de VR e AR	Privada/Pública
Transmissão de imagem de exames	Pública
Transporte, armazenagem e entrega	
Drones para entrega	Pública
Operações remotas portuárias	Privada/Pública
Operações remotas de ferrovias	Pública
Robôs autônomos para armazéns	Privada/Pública
Veículos conectados	Pública
Administração pública, defesa e seguridade social	
Gerenciamento inteligente de tráfego	Pública
Iluminação pública inteligente	Pública
Vigilância por vídeo inteligente	Pública
Educação	
Campus Inteligente via Internet das Coisas	Privada/Pública
Realidade virtual e realidade aumentada na educação	Privada/Pública
Informação e Comunicação	
Realidade virtual e realidade aumentada para mídia e entretenimento	Pública

ANÁLISE ADICIONAL SOBRE VARIAÇÃO DE PREÇO DAS SOLUÇÕES AO LONGO DO TEMPO

Diferentes perspectivas para o ajuste dos preços

Sob uma perspectiva geral, o barateamento do hardware pode proporcionar uma redução de custos das soluções, mas o ganho de relevância cada vez maior do software tende a ter movimento contrário

Aumento de preços longo do tempo

- Os preços dos softwares subiram 62% em média na última década.
- Empresas globais, como Google, Amazon e Facebook, estão colocando cabos transoceânicos, tornando a largura de banda publica se tornando mais escassa e cara;
- Aumento do preço do salário de profissionais da área pela concorrência;
- Aumento dos custos de segurança de softwares;
- Crise dos chips;
- Customização de softwares eleva o preço da solução;
- e.g.: Novas tecnologias são responsáveis por aumento anual de 40 a 50% dos aumentos de custos na área de saúde.

A aumento dos preços parece ser um efeito mais relevante e recorrente para software

Diminuição de preços longo do tempo

- Segundo a US Bureau of Labor Statistics, as tecnologias tem ficado mais barata ao longo dos últimos 18 anos;
- O hardware das soluções também têm diminuído de preço;
- A otimização do processo de manufatura possibilita a redução de custos do produto final;
- Maior competição global de fornecedores incentiva a redução de preços;
- Segundo a Lei de Moore, os chips estão ficando menores, possibilitando a redução do tamanho da tecnologia e seu barateamento;
- e.g.: O preço médio de um sensor de Internet das Coisas (IoT) caiu de US $ 1,30 em 2004 para US $ 0,44 em 2018, de acordo com o relatório "2019 Manufacturing Trends" da Microsoft.

A diminuição dos preço parece estar relacionada com hardware e melhoria dos processos produtivos